

NEDERL. AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

PROCEEDINGS

VOLUME XLIII

No. 10

President: J. VAN DER HOEVE

Secretary: M. W. WOERDEMAN

CONTENTS

CLAY, J.: "The soft component of Cosmic Radiation", p. 1260.

DUBOIS, EUG.: "The fossil human remains discovered in Java by Dr. G. H. R. VON KOENIGSWALD and attributed by him to Pithecanthropus erectus, in reality remains of Homo sapiens soloensis". (Conclusion), p. 1268.

BOTTEMA, O.: "Strahlenkongruenzen mit einem zweigliedrigen System von quadratischen Regelscharen". (Communicated by Prof. W. VAN DER WOUDE), p. 1276.

BOTTEMA, O.: "On associated lines in S_4 ". (Communicated by Prof. W. VAN DER WOUDE), p. 1282.

HAANTJES, J.: "Die Gleichberechtigung gleichförmig beschleunigter Beobachter für die elektromagnetischen Erscheinungen". (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN), p. 1288.

ESCHER, B. G.: "Over een polyëdrische pisoliet van Palimanan bij Cheribon". (Communicated by Prof. L. RUTTEN). (With one plate), p. 1300.

ESCHER, B. G.: "Over de regulaire en hexagonale dichtste bolstapelingen en de deformatie hunner bollen tot dodekaëders tengevolge van compactie". (Communicated by Prof. L. RUTTEN). (With one plate), p. 1302.

ROOS, J., and C. ROMIJN: "Problems of foetal respiration in the cow". (Communicated by Prof. G. KREDIET), p. 1311.

RÉVÉSZ, G.: "Die menschlichen Kommunikationsformen und die sog. Tiersprache". II. (Communicated by Prof. A. DE KLEYN), p. 1322.

TIEL, N. VAN: "Die Regulierung der Herzaktivität bei Helix pomatia durch extracardiale Nerven und das Zentralnervensystem". (Communicated by Prof. H. J. JORDAN), p. 1332.

ST. MARTIN: "Ein Finger-Umfang-Mass". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 1342.

STOLTE, L. A. M.: "Biological Properties of Aethinyl-testosterone". (Communicated by Prof. J. VAN DER HOEVE), p. 1345.

Physics. — *The soft component of Cosmic Radiation.* By J. CLAY.

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

In the cascade theory of electrons is calculated the number and energy distribution of electrons found under a certain layer of matter, produced by one electron of certain energy. But what will be the result of an electron radiation in total, will depend on the energyspectrum of the electrons.

For some years we have already tried to find the number of electrons and their energy but it was impossible to find reliable results on account of different disturbing factors. It seems to be necessary to measure the total number of incoming particles and to subtract the penetrating part, which is 80 % of the total number, to get the number of the soft particles only. To measure the decrease of these soft particles only, it is necessary to find the differences by applying thin layers of material and to find the decrease, in casu some percents of the total number. The constancy of the counters must be very high for this purpose and the numbers measured must be great in a short time, moreover it is necessary to do this in periods of very small barometer changes, — because the barometer variation is 5 % for 1 cm Hg. —; constancy of temperature is necessary and no magnetic-storms may occur. To meet these difficulties we used 5 counter-systems. One countersystem controlled the number of the hard component (10 cm between the counters) and another controlled the hard and soft together by using no absorption material. For the determination of the soft component itself three other sets were used. Every set had 3 boxes in series and every box 3 counters parallel with an active surface of 820 cm². The opening cone was 24° and 50°. These counters were placed at distances of about 20 to 60 cm. The number of coincidences was from 120 to 60 per minute. We could measure 7200 to 3600 coincidences p.h. and within a period of 6 hours we may reckon with a natural fluctuation of 0.5 % to 0.7 %. For every layer we measured about 100000 coincidences. Mostly the value of coincidences for one layer of matter was enclosed between two measurements with another layer. We could be certain of the results for 1 % in the total number, that means 5 % in the number of the soft component alone in its full intensity.

With these sets the decrease was measured in Pb., Fe., Al., C., H₂O and paraffin.

We know the formulae of energyloss in different materials and for lead.

these formulae¹⁾ agree with the statistics of ANDERSON and NEDDERMEYER²⁾ between 10^5 and 10^7 e-volt.

When we now take the energy for a certain layer and count the number of particles which can just penetrate this layer, we know the number of particles which have an energy above this limit. We find the integral spectrum $I = C f(E_{\min})$. From this function we find the differential spectrum. It might be necessary to take just the average energy between every two intervals and the numbers which are stopped in this interval, but when the distribution is of the same nature as those of the mesons, we can use an easier way and this seems to be real.

When the integral spectrum is of the form $I = C E^{-(S-1)}$, the differential spectrum is $N(E) = \frac{dI}{dE} = -C(S-1)E^{-S}$.

If this function holds we may take log. $I = -(S-1) \log. E$ and $S-1$ is found from the inclination of the line in log. I and log. E .

At first we took the relation between the energy and the range in lead for electrons given by HEITLER (fig. 1) and so we know the energy

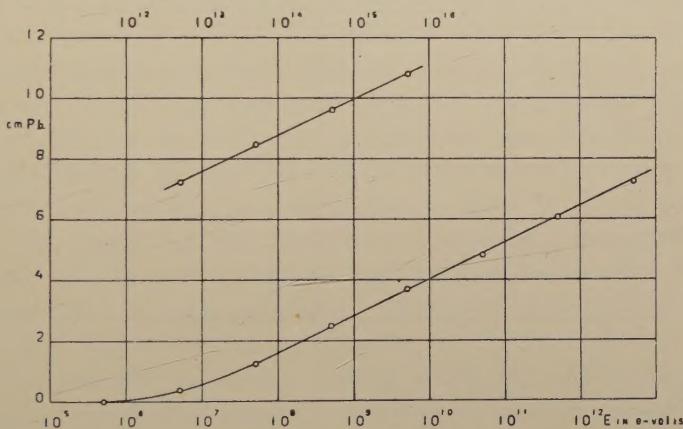


Fig. 1. Range of an electron in lead.

necessary for every layer. Then we put the log. of the remaining number of electrons below the different layers against log. E and we find the line given in fig. 2. In order to find the remaining number of the total soft rays it is necessary to separate the soft from the hard component. We know from many absorption experiments that the intensity of the total radiation consists in two parts, under more than 10 cm of Pb. the decrease is of another kind as under smaller layers and from an extrapolation of the line from 10 to more cm of lead to zero, we see that the increase of the hard component must be very small. Between 10 and 15 cm of lead the decrease is

¹⁾ W. HEITLER, The Quantum Theory of Radiation (1936).

²⁾ S. NEDDERMEYER and C. D. ANDERSON, Phys. Res., 51, 884 (1937).

small on account of the effect of decay of mesons of lower energy (Fig. 3). So we decided to consider the difference between the number with no ab-

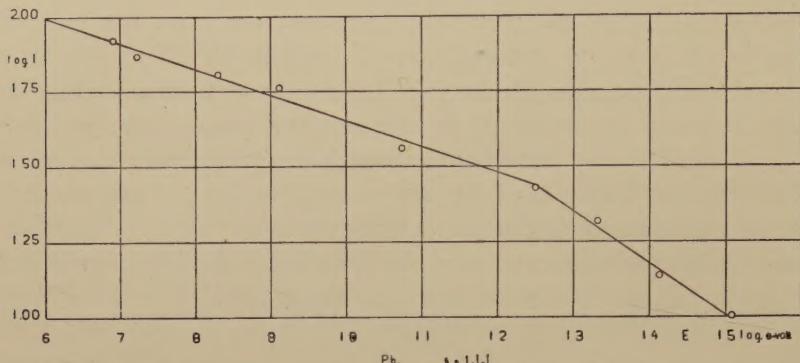


Fig. 2. Integral spectrum of the electron component found by absorption in lead.

sorption layer and the number under a layer of 10 cm Pb. as the number of the soft rays. Another supposition is made by extrapolation of the HEITLER

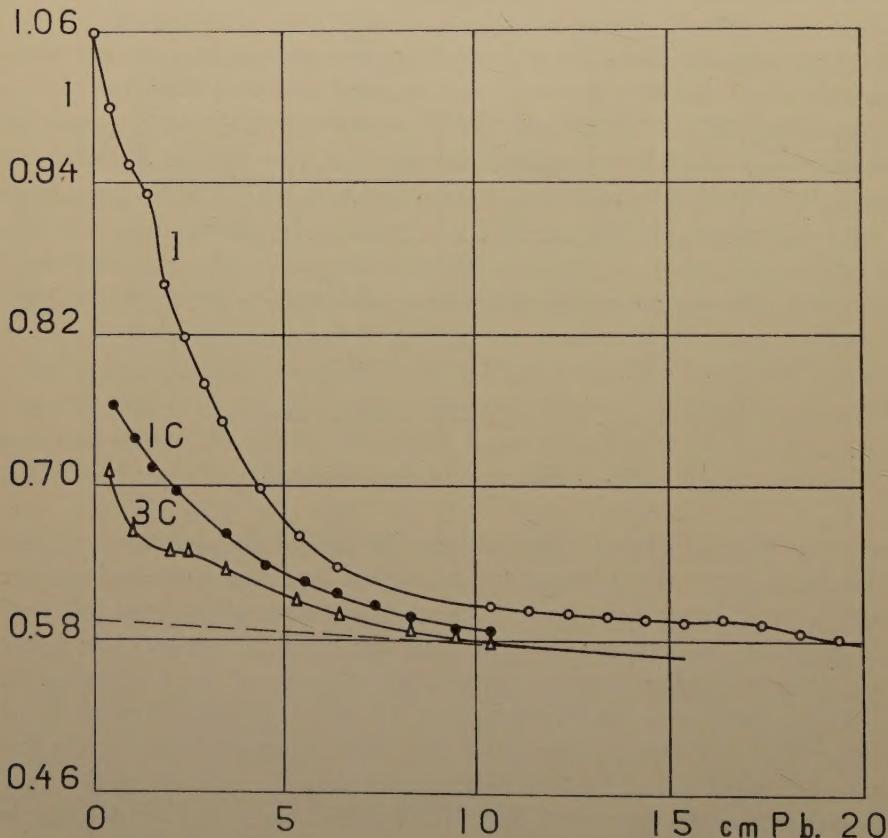


Fig. 3. Decrease of the intensity of Cosmic Radiation under layers of lead.
I: ionisation chamber. 1 C: number in one counter. 3 C: coincidences in three counters.

formula above about 10^8 e-volt. We may fear that in this region the formula breaks down. For energies with a DE BROGLIE wavelength, small in relation to the dimensions of the electron, it will only be tentative. But at the moment we have no other way and for this reason we have made an extrapolation for higher energies. The value of the energy of an electron for a range of 10 cm Pb. is 10^{15} e-volt and the number with such energies and more will be very small. But from the phenomenon of the wide showers P. AUGER and his collaborators³⁾ and L. JANOSKI & LOVELL⁴⁾ there are indications that such energies may occur. From the graph, which gives the relation between $\log. I$ and $\log. E$, we see that within the limits of uncertainty, the value of $\log. I$ is linear to $\log. E$, until a value of $5 \cdot 10^{12}$ e-volt, according to a range of 8 cm in Pb. is reached. $S = 1.11$. That means that the energy distribution is $N(E) = N_0 E^{-1.11}$. And up to the energy of $5 \cdot 10^{12}$ e-volt we have 80 % of the electrons. For the remaining part $S = 1.25$.

We can verify the value of S , because if we take another material we have to find the same value of S . For this reason we measured the decrease of the soft radiation in lighter materials as aluminium, paraffin, coal and water. But the difficulty is that we cannot bring enough material of this kind to stop the total soft radiation without making the distance between the counters too long and the cone in which we measure too small. In such a case the number of electrons would become too small to warrant a sufficient accuracy in a reasonable time. But there are more difficulties. At first we took paraffin as a suitable material to be placed between the counters and we could place a layer of 35 cm between the counters. We found that the absorption of paraffin is abnormally high in comparison with that of aluminium and later on the same was found in comparison with coal and with water, which were both normal in relation to aluminium and lead. But secondarily we found that coal gives an abnormally decrease for thicker layers, which can be explained by the production of secondary knockon electrons by mesons (fig. 4). It was found by SWANN and RAMSEY⁵⁾ that the production of one-electron showers by mesons increases on decrease of density of matter, which process is unexplained at the moment. But it is possible to find a regular decrease in water down to a layer of 60 cm of water and when we make a graph of $\log. I$ against $\log. E$, in which E means the energy, necessary for the ranges in water layers, we find again a linear relation within the limit of uncertainty of the measurements down to the value of $3 \cdot 10^8$ e-volt and with this value 40 % of the total number of electrons is stopped (fig. 5). When we calculated from this relation the value of ($S - 1$) we find 0.23 and for the differential spectrum $N(E) = N_0 E^{-1.23}$.

³⁾ P. AUGER, R. MAZE, P. EHRENFEST and A. FRÉON, J. de Physique, **10**, 1 (1939).

⁴⁾ L. JANOSKI and LOVELL, Nature, **142**, 716 (1938).

⁵⁾ W. F. G. SWANN and W. E. RAMSEY, Phys. Res., **57**, 749 (1940).

We think that the difference with the distribution we found for Pb. is more than the limit of uncertainty. But we may be sure that the decrease of the number with energy is only a small fraction more than the inverse

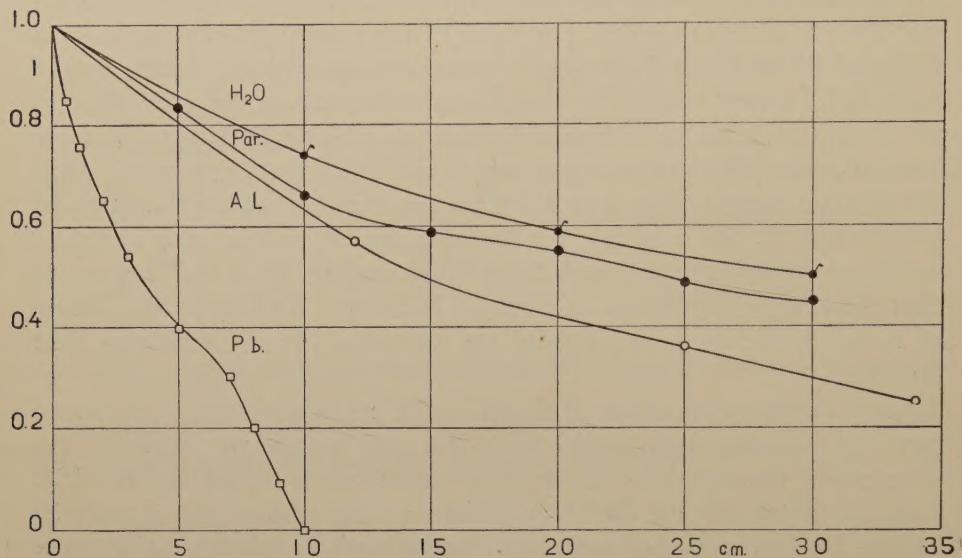


Fig. 4. Decrease of the electron component, produced in air, in H₂O, paraffin, Al and Pb.

of the energy, which means that it is much smaller than is accepted generally, vide identical with that of the spectrum of the mesons which goes down with the third power of E.

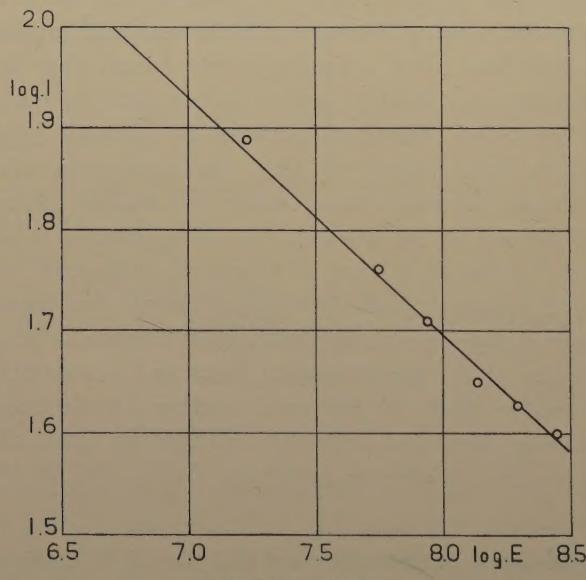


Fig. 5. Integral spectrum of the electron component found bij absorption in water.

What the reason is for the abnormally high absorption in paraffin is not clear, especially because it is not found in coal and not in water, which have about the same number of protons p.c.c.

It is often found that under a thick layer of matter there is no Rossi-maximum of showers. Only JANOSKI⁶⁾ reports he finds a soft shower-maximum under thick layers of material. In order to know the explanation the soft component was measured under thick layers of water (fig. 6),

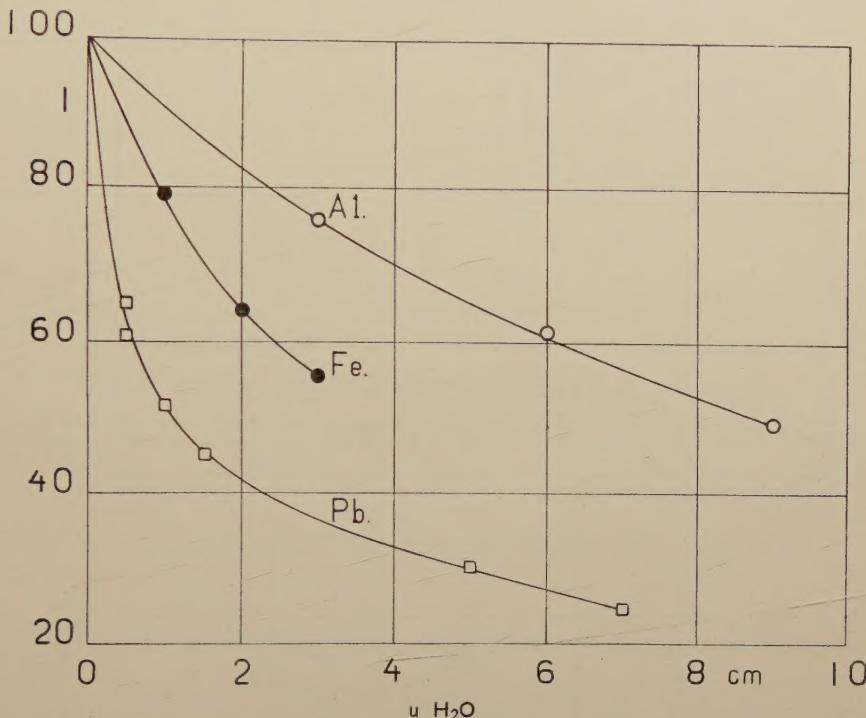


Fig. 6. Decrease of the electron component produced in water, in Al, Fe and Pb.

aluminium, iron and lead, and we found that the percentage of the soft radiation in relation to the hard component is under air 27 %, water 24 %, aluminium 20 %, iron 9.5 % and under lead 4.7 % (fig. 7), this is in agreement with the result of SWANN, mentioned above, that the number of soft secondaries in equilibrium with primaries in different material decreases with atomic number. We think that the real production in lead will not be smaller than it is in light material in a volume of the same number of electrons, but the loss of energy of the electrons necessary to escape from the volume element in which they are produced is larger, proportional to z^2 , and this will decrease their number and their energy. The number of the secondaries in relation to the hard primaries is given in graph 8. And the energyspectrum, at least for the lower spectral part, can be found from the relation $\log. I$ to $\log. E$ given in graph 9. We find that the

⁶⁾ L. JANOSKI, Proc. Ray. Soc., A. 167, 499 (1938).

decrease is faster as the atomic number of the material of the layer is higher.

From each of these radiations the decrease is measured in different materials and we find that the energy of the electrons is smaller also with

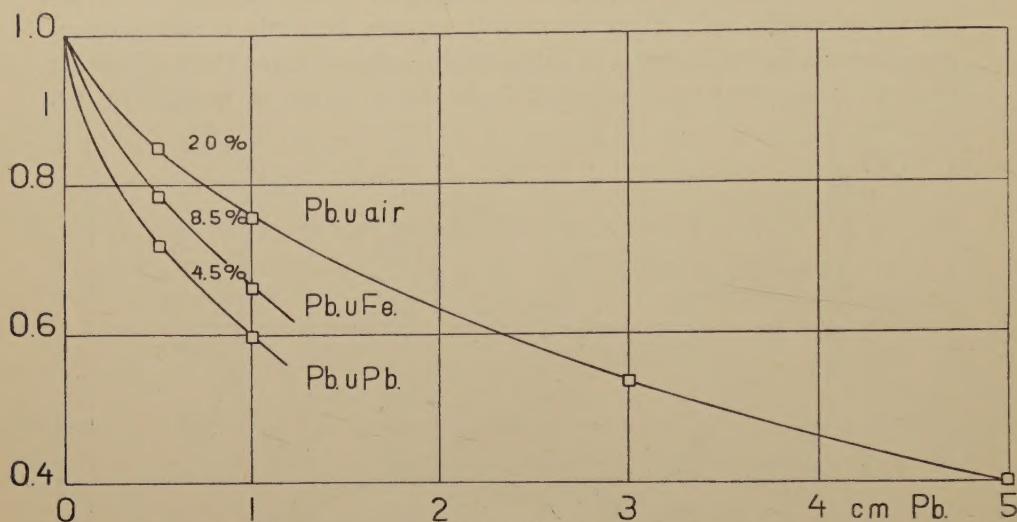


Fig. 7. Decrease in Pb of the electron component produced in air, Fe and Pb.

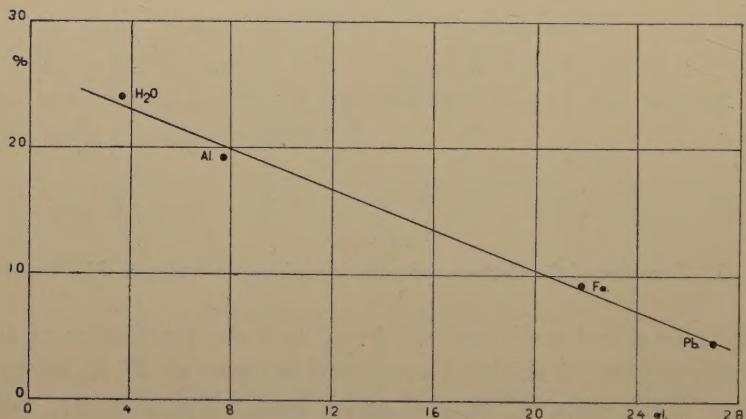


Fig. 8. Number of electrons found under H₂O, Al, Fe and Pb in relation to the number of mesons.

increasing atomic-number, in agreement with earlier experiments, when the absorption of single-electrons was measured 7).

Graph 7 gives the result of this part of the experiments and their decrease was measured with smaller and wider opening-cones, 44° in one 100° in the other direction. One phenomenon is striking here: when we measure the number of electrons under lighter materials the production of electrons by the mesons in the absorbing layer overcompensates the

7) J. CLAY, Physica, 3, 352 (1936).

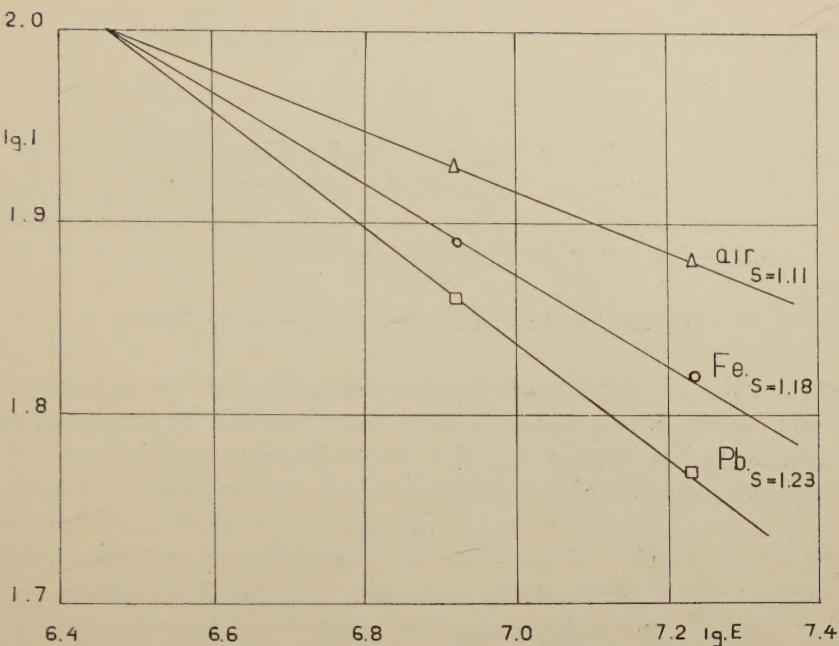


Fig. 9. Integral spectrum of electrons produced in air, Fe and Pb.

decrease. We see this in graph 10. The variation under absorbing paraffin, under Pb. and under Fe. and air. This now explains that the number of

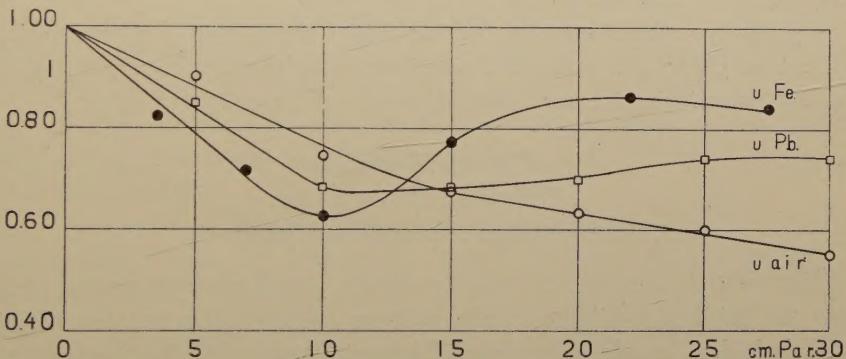


Fig. 10. Decrease of the electron component in paraffin. Produced in air, Fe and Pb.

electrons under thick layers of light matter can be restored so far, that enough electrons are present again to give a maximum in the showercurve.

In order to have a full picture of soft radiation it is necessary to know the angular distribution of it. This is partly — from $0-60^\circ$ — the same as that of the mesons⁸⁾, $f(\theta) = 0.005 + 0.12 \cos^2 \theta$ p. cm² p. min., but for larger angles the percentage is larger and at a nearly horizontal direction it is 40 % of the total number instead of 20 %, as it is in the vertical.

⁸⁾ J. CLAY, J. T. WIERSMA and K. H. J. JONKER, Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, **41**, 706 (1938).

Palæontology. — *The fossil human remains discovered in Java by Dr. G. H. R. von KOENIGSWALD and attributed by him to Pithecanthropus erectus, in reality remains of Homo sapiens soloensis. Conclusion.* By Prof. EUG. DUBOIS.

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

As a matter of fact the morphologic similarity of the skull cap which I described in 1894, together with other fossil remains, as *Pithecanthropus erectus*, to the homologous part of a small *Hylobates* species is so striking that I never lost sight of this resemblance, nor feel at liberty to regard the "Java man" as a real, be it ever so primitive man. Evidence of that is to be found in a number of my publications, attesting, on the other hand, to distinctness of the *Pithecanthropus* from the *Hylobates* organism, and at the same time to the much greater distinctness from the chimpanzee.

Nevertheless VON KOENIGSWALD, recently, wrongly proclaimed that I changed my mind, a few years ago, from an originally and permanently hominide view to a, surprisingly, new Hylobate-one. HANS WEINERT, on his part, since 1928, wrongly imputed to me, originally, a preference of the chimpanzee for resemblance to *Pithecanthropus*.

To prove that these ways of putting things are wrong, I may reproduce, in the first place, some literal quotations from that monograph, the first scientific description of the fossil species under consideration¹⁾:

p. 1. „Classe. Mammalia.
 „Ordnung. Primates.
 „Neue Familie. Pithecanthropidae.

„Hirnschädel, absolut und im Verhältnis zur Körpergrösse viel geräumiger als bei den *Simiidae*, jedoch weniger geräumig als bei den *Hominoidea*; Inhalt der Schädelhöhle ungefähr zwei Drittel vom durchschnittlichen Inhalte derjenigen des Menschen. Neigung der Nackenfläche des Hinterhauptbeines bedeutend stärker als bei den *Simiidae*²⁾. Gebiss, obwohl in Rückbildung, noch vom Typus der *Simiidae*³⁾. Femur in seinen Dimensionen dem menschlichen gleich und wie dieses für den Gang bei aufrechter Körperhaltung gebaut.

¹⁾ EUG. DUBOIS, *Pithecanthropus erectus*. Eine menschenähnliche Uebergangsform aus Java. II und 40 Seiten in folio. Mit 2 Tafeln und drei Textfiguren. Batavia. Landesdruckerei. 1894. (Vorwort datiert: Tulung Agung (Java), Januar 1894.)

²⁾ After complete preparation of the fossil skull cap, the nuchal occipital region appeared strikingly similar to that of the gibbons; in *Pithecanthropus* the inclination of the planum nuchale, particularly, was certainly not much stronger than in *Hylobates*.

³⁾ The first lower premolar and the mandible then were not known.

„*Pithecanthropus erectus*, genus novum, species nova.

p. 3. „Die Oberfläche des Schädeldaches ist glatt, ... zeigt durch seine glatte Oberfläche und seine allgemeine Form grosse Aehnlichkeit mit dem Schädel von *Anthropopithecus* (vergl. Taf. I), jedoch noch mehr mit dem von *Hylobates* (Fig. 1)“.

„Tafel I. Fig. 1. *Pithecanthropus erectus* n.g., n.sp. Schädeldach, von oben, nach Photographie.

„ 1a. „ „ n.g., n.sp. Schädeldach, von der linken Seite, nach Photographie.

.. 2. *Anthropopithecus troglodytes* Gmelin ♀ adult. Schädel von oben, nach Photographie.

.. 2a. " Gmelin ♀ adult. Schädel
von der linken Seite, nach Photographie.

Fig. 1 und 1a $\frac{1}{2}$ natürl. Grösse.

.. 2 und $2a^{2/3}$

(ungefähr gleicher Grösse mit 1 und 1a.)

der dritten und vierten Bildern der entsprechenden

„Die Tafel zeigt die Verschiedenheit in der Bildung der occipitalregion und der Superciliarregion des Schädels, sowie die bedeutendere Wölbung bei *Pithecanthropus*. Wie aus den Textfiguren 1 und 2¹⁾ zu ersehen ist, stimmt in diesen Beziehungen *Pithecanthropus* viel mehr mit *Hylobates* überein.“

p. 12. „Aus der Beschreibung und aus den Vergleichen geht hervor, dass das fossile Schädeldach eine Art andeutet, die in ein anderes Genus als *Gorilla*, *Simia* und *Homo* eingereiht werden muss; diesem letzteren nähert es sich durch seine absolute Grösse und Wölbung, zeigt jedoch grosse Uebereinstimmung mit *Anthropopithecus* und, der Form nach noch mehr mit *Hylobates*.“

p. 25. „Aus dem Vergleiche geht also mit Sicherheit hervor, dass zwischen dem Femur der fossilen Form und dem des Schimpanse bedeutende Unterschiede bestehen, hauptsächlich in der viel ansehnlicheren Schlankheit des fossilen Knochens und seiner relativ und absolut grösseren Länge, ferner in der Form des Schaftes und besonders des unteren Gelenkendes; ...“

„Das Femur der Hylobatiden unterscheidet sich von dem fossilen ausser durch seine absolute Grösse, hauptsächlich durch die Form der Condylen“ ...

p. 26. „Dagegen stimmt dieses Genus in der relativen Dicke des Schaftes des Femur mit dem Menschen überein.“

p. 27. „bei den Gibbons, die im Verhältnis zu ihrer Grösse keinen schwereren Oberkörper haben als der Mensch, finden wir auch ebenso schlanke Oberschenkelbeine wie beim Menschen“ ...

¹⁾ In Figure 2 the seeming inclination of the lower portion of the occipital much exceeds the real inclination, on account of damage of the fossil.

p. 28. „Man könnte nun annehmen, dass die grosse Länge der unteren Extremitäten wie bei den Gibbons in Correlation stand zu den als vervollkommenne Kletterorgane länger gewordene Arme. Diese Annahme erscheint aber unbegründet, wenn man bedenkt, um wie viel die fossile Form grösser ist, als die *Hylobates*-Arten. Schon beim Körpergewichte der Hylobatiden ist, wie es scheint, die erworbene Specialisirung an der Grenze des Erreichbaren angelangt. Der Siamang bewegt sich weniger schnell als die übrigen Arten derselben Gattung, und aus den Spuren von geheilten Knochenbrüchen, die so oft an den Skeletten von Hylobatiden zu sehen sind, geht hervor, dass die pfeilschnellen Bewegungen zwischen den federnden Aesten der breitkronigen indischen Waldbäume, wozu diese Tiere der bewundernswürdig specialisirte Bau ihrer Extremitäten befähigt, nicht ohne Gefahr sind. Für den so grossen Körper der fossilen Form wäre eine solche, eher fliegen als klettern zu nennende, Bewegung ganz unmöglich. Andererseits ist es sehr merkwürdig, dass gerade die Gibbons, die bezüglich des Grossenverhältnisses zwischen Beinen und Oberkörper mit dem Menschen übereinstimmen, die einzigen Affen sind, die — wenn auch auf mangelhafte Weise — aufrecht gehen können, ohne dabei, wie Schimpanse, Gorilla und Orang-Utan thun, die Hände als Stütze zu gebrauchen. Der directe Beweis dafür, dass die javanische Form sich auf ganz andere Weise bewegt haben muss als die Hylobatiden dies für gewöhnlich thun, wird übrigens durch den gänzlich verschiedenen Bau des unteren Gelenkendes des Femur, insbesondere der Condylen, geliefert.“

In my report „*Pithecanthropus erectus*, eine menschenähnliche Uebergangsform“, read September 21, 1895¹⁾), „habe ich die Profilcurven der zwei Spy-Schädel, ebenso wie die eines jüngst von CUNNINGHAM beschriebenen Schädels eines Microcephalen²⁾ neben einander gezeichnet (Vergl. Figur 2). Dabei zeigt sich eine grosse Uebereinstimmung; es muss aber auffallen, dass der Scheitelteil des Trinilcraniums viel flacher ist als bei jenen. Wirklich ist dies eine Eigenschaft des fossilen Schädels, worauf ich jetzt hinweisen will, die, glaube ich, schwer an Menschenschädeln zu finden sein würde.“¹⁾ The same figure, however, establishes conformity, in this respect, of *Pithecanthropus* with *Hylobates leuciscus*, *Semnopithecus maurus* and *Anthropopithecus troglodytes*, wanting what later I have called the vertex parietalis, a true human distinctive.

I may now quote, translated, from a paper of 1907³⁾:

p. 456. “I now regard *Pithecanthropus erectus* as nearly allied to the living Gibbons. The thigh-bone and the skull have, however, double the

¹⁾ Compte-rendu des séances du Troisième Congrès international de Zoologie. Leyde. 1895, p. 265.

²⁾ D. J. CUNNINGHAM, The brain of the microcephalic idiot. Scientific transactions of the Royal Dublin Society. May 1895. Plate 38, Fig. 5.

³⁾ EUG. DUBOIS, Eenige van Nederlandschen kant verkregen uitkomsten met betrekking tot de Kendeng-fauna (fauna van Trinil). Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap. 2e Ser., dl. 24, pp. 449—458. Mededeelingen 1907. See pp. 456—457.

dimensions of the smaller species of these Long-armed Apes, for instance of the Wou Wou (*Hylobates javanicus*) from Java. The skull is ape-like rather than man-like in form, principally on account of the backward situation of the temporal constriction (not its depth, as RUDOLPH VIRCHOW supposed). The dentition was presumably still somewhat more human than that of the small Gibbons. The thigh-bone, adapted to the erect gait with stretched knee-joint, exhibits, however, yet vestiges of adaptation to climb. With the Gibbons, which distinguish themselves from all the other Apes and Monkeys by being in the habit of walking on their legs only, without the support of their hands — the relative length and the form of the thigh-bone vary in a high degree, and in this respect some individuals somewhat approach *Pithecanthropus*, though the knee-joint never is quite formed for the erect gait with stretched leg, as is certainly the case with *Pithecanthropus*.

"The feature, however, that distinguishes *Pithecanthropus* sharply from the Gibbons is, in the first place, exactly the resemblance of its cranial form to that of the small Gibbons. I cannot enough be pointed out, that the larger species of Gibbon, the Siamang (*Hylobates syndactylus*, possesses a much more truly monkey-like lowvaulted skull and a (somewhat) more bestial dentition than the smaller Gibbon species. Yet the difference in size of the animals is relatively small. And now, *Pithecanthropus*, with double the dimensions has retained the capacious skull of the smaller Gibbon species. The dentition is even less bestial.

"A definite part of the brain volume of *Pithecanthropus* can be measured accurately and compared with the homologous part of large and small Gibbons. What appears then? That the fossil form from Java, in the same progression as observed in the Gibbons, had twice as much brain as an (imaginary) Gibbon of double the size of the Wou Wou would have. Consequently, *Pithecanthropus* cannot be a Gibbon. Opposed to this is also the fact of its erect gait with stretched knee-joint.

"When now inspecting the endocranial cast, which gives us an idea of the form of the convolutions of the cerebrum, this appears to be of the human fundamental type, to represent, as it were, only the principal lines of the human forms. The inferior frontal convolution, in Man the seat of the centre of (articulate) speech, is of the most simple, although typically human form. But we can also conceive the cerebral convolutions of *Pithecanthropus* developed from the still more simple ones of the Gibbons. Now it is a fact of general observation that with related animals the cerebral convolutions become more complicated according to the cerebrum increasing in size.

"In short, I consider *Pithecanthropus* to be a descendant of less specialized (less long-armed) ancestors of the Gibbons (*Prohylobatides*), a descendant which had assumed the erect posture. Through this the arms and the hands, were, at least to a great extent liberated from locomotor functions, enabled to such tactile and prehensile faculties as we find

reflected in the very much increased brain volume and the exceedingly human morphology of the cerebral surface."

The best information about the real morphologic, and taxonomic, character of the *Pithecanthropus* fossils, however, would be given by the publication of very good photographic and plaster cast representations. I regret, that I have not been enabled to effectuate such publications, until in the years 1924 to 1926, the Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam much obliged those who took a particular interest in this important matter of science, and much indebted me, by rendering assistance in effectuating both modes of publication; the exact figures, accompanied by a very concise text¹⁾, appeared at the same time that accurate casts became available.

From the figures and the text the hylobatoid similarity, or at least resemblance in a number of points, is again evidenced, together with not a few points of difference.

I may quote some of the principal items from the first paper:

p. 267. "The fronto-biorbital index (Schwalbe) i.e. its ratio to the external orbital facial breadth, which latter I estimate at 115 mm as a minimum, is at most 79. In a cranium of a *Hylobates agilis*, in many respects resembling that of *Pithecanthropus*, this index is 78.4. The post-orbital length index (Schwalbe) is 25.5, the distance between the orbital constriction and the bregma-transversal being 47 mm. This index is 25 at the same cranium of *Hylobates agilis*. The whole pre-cerebral part of the frontal bone is hylobatoid, like the rest.

"It is seen that to the sagittal arc-length of the cranial vault the frontal bone contributes 100 mm, the parietal bone 90 mm, and the upper part of the tabular portion of the occipital bone 45 mm. This is an entirely different ratio between the two first divisions of the vault from that in *Homo sapiens* and *Homo neandertalensis*, where the parietal arc is longer than, or equally long as, the frontal arc. In the Hylobatidae, on the other hand, the parietal bone is much shorter, in comparison with the frontal arc, than in *Pithecanthropus*. The latter's fronto-parietal index is 90, that of the large (p. 268) gibbon genus, *Symphalangus*, 53 on an average, and that of the small gibbon species has an average value of 42. The relative length of the frontal squama diminishes with increasing size of the body, in consequence of the diminution that this entails of the ratio between the volumes of the

¹⁾ EUG. DUBOIS, On the principal characters of the cranium and the brain, the mandible and the teeth of *Pithecanthropus erectus*. Proceedings Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Vol. 27. Nos. 3 and 4, pp. 265—278. — Figures of the calvarium and endocranial cast, a fragment of the mandible and three teeth of *Pithecanthropus erectus*. Ibid. Nos. 5 and 6, pp. 459—464. Eleven Plates of telephotographic reproductions, natural size. — On the principal characters of the femur of *Pithecanthropus erectus*. Proceedings Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Vol. 29, No. 5, pp. 730—743, 33 figures. — Figures of the femur of *Pithecanthropus erectus*. Ibid. pp. 1275—1277. Four Plates. At the same time plaster casts of all the fossil remains were available for distribution.

orbita (with the eye) and the cranial cavity (with the brain). Besides, in Pithecanthropus the cranial cavity has become more spacious in another way than through the greater size of the body.

"The lower part of the tabular portion of the occipital bone, the pars nuchalis, bends downwards and forwards at an apparently not very obtuse angle. But this obtuse angle was much larger in the intact skull, because at the fossil calvarium the loss of substance greatly increases towards the edge of the fragment, so that this edge only still consists in the knife-like lamina interna. In the intact state of the skull Pithecanthropus resembled the Hylobatidae in the steepness of the planum nuchale."

"The torus occipitalis presents the closest resemblance to that of *Symphalangus syndactylus*.

p. 269. ... There is also a powerful crista occipitalis interna, which feature distinguishes Pithecanthropus from the Hylobatidae, which have a wide groove, as impression of their round, barer vermis cerebelli, and agrees with the large Simiidae and Man... With respect to the sulcus transversus the parieto-mastoid suture lies exactly as in *Hylobates*. Also as regards the situation of the internal asterion Pithecanthropus agrees entirely with *Hylobates*. For the postasterial index (the ratio of the distance between the asterion and the occipital pole and the endocranial length) I find 15.5 in Pithecanthropus, 15.8 in *Hylobates*, and an average value of 24 in human skulls of different races.

"The form of the skull of Pithecanthropus is on the whole not human; nor is it a transition of any type of manlike apes to the human type. The agreement with the anthropoid canial type, particularly that of the small gibbon species, of the genus *Hylobates*, may on the other hand be called perfect, taking into consideration the inevitable deviation in the proportions in consequence of the ratio of the volume of the brain and the eye varying with the increasing bulk (weight of the body) and cephalization. For with increasing bulk the eye increases somewhat less in volume than the brain, and on account of the much higher cephalization of Pithecanthropus the brain was besides enlarged far beyond the homoneuric ratio. The fossil cranium is not more highly arched, has no less receding forehead, and the pre-cerebral part of the frontal bone projects equally far forward as in the Apes. The constriction ("Einschnürung") behind the orbitae is also perfectly pithecid in its depth and its situation at a greater distance from the supraorbital border; so is the place where the external auditory meatus must have been, and the form of the crista supramastoidea. Perfectly pithecid was further the shape of the torus occipitalis transversus and the value of the angle at which the nuchal plate of the occipital bone bands forward and downward. In all these points Pithecanthropus is distinguished, no less strongly than the Anthropoid Apes, from Neandertal Man. From the latter character of the fossil skull it may be conluded that also the condyles of the occipital bone were placed in the same way at the skull, so that the head was not equipoised on the spinal column as in

modern Man, but was carried by strong nuchal muscles and ligaments as in Apes. It is not to be seen by the structure of the skull that Pithecanthropus deserves the name of (p. 270) *erectus*, assigned to him an account of the features of the femur.....

"It is certain that the erect posture of the body, which clearly appears from the shape of the femur, was not such a perfect one as in Man; the correlation, at least, did not extend to the skull.

"Nor can the skull, however, have belonged to an Anthropoid Ape, because the relatively very large skull as regards shape presents a close, nay striking resemblance to the skull of a small *Hylobates* species, the smallest of the Anthropoid Apes, whereas judging not only from the femur and the molar teeth, but also from the skull itself, Pithecanthropus must have surpassed the size of a large chimpanzee, and very much that of a medium-sized man. Those smallest Manlike Apes distinguish themselves especially by their large neurocranium in the proportion of their splanchnocranum, the facial part of the skull. This is a consequence of the law governing the relation between the quantity of the brain and the bulk of the body in closely allied species. Small species have in general larger brains in comparison with their body weight than large ones of the same genus, sometimes also of the same family, in general than large homoneuric species (species with the same organisation of the nervous system). Judging by the linear dimensions, and as will appear subsequently, by the cranial capacity, Pithecanthropus as an Anthropoid Ape would have been a giant of about 300 kg weight, much larger than the heaviest gorilla. But Pithecanthropus was not such a giant. This appears not only from the dimensions of the femur, but also in the skull from the great distance of the temporal line, the boundary of the surface origin of the *musculus temporalis* from the median line, an indication that this masticatory muscle was weak with respect to the size of the neurocranium, though in such a gigantic Anthropoid Ape as Pithecanthropus must have been, it would have had on the contrary a comparatively much larger area of origin, to find sufficient space at the then *relatively* small neurocranium. We may refer to the cranial crests of large male gorillas and orang-utans.

"That the fossil skull bears such striking resemblance to that of *Hylobates*, this dwarfish genus among the Anthropoid Apes, does not therefore compel us to class Pithecanthropus for this reason among this family, but it also gives support to the view that the *Hylobatidae* are actually to be considered as genuine and then the most primitive Manlike Apes, though such as are particularly specialized by their long arms and sabre-shaped canine teeth."

What induced VON KOENIGSWALD, who took little notice of the papers from which I have quoted, to his idea indicated in the beginning of this communication, was obviously the only taxonomic sentence, occurring at the end of my paper of 1924, which reads: "The approach of the mandible and the teeth, as also of the femur, to the human type, and the large

cranial capacity, added to considerations on the brain-quantities in nearly allied mammalian genera, all this leads me to the conclusion that *Pithecanthropus* should be considered as a member, but a distinct genus, of the family of the Hominidae."

This sentence was intended to reflect the current views of taxonomists at that time, from which mine, expressed in 1894, and to which I still adhere, is entirely different.

It is most regrettable, that for the interpretation of the important discoveries of human fossils in China and Java, WEIDENREICH, VON KOENIGSWALD and WEINERT were thus guided by preconceived opinions, and consequently did not contribute to, on the contrary they impeded, the advance of knowledge of man's place in nature, what is commonly called human phylogenetic evolution. Real advance appears to depend on obtaining material data in an unbiased way, such as the *Pithecanthropus* fossil remains and instructing material about the phylogenetic growth of the brain.

Mathematics. — Strahlenkongruenzen mit einem zweigliedrigen System von quadratischen Regelscharen. Von O. BOTTEMA. (Communicated by Prof. W. VAN DER WOUDE.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

1. Wir beweisen den folgenden Satz: *die einzigen Strahlenkongruenzen, welche ∞^2 quadratische Regelscharen enthalten sind:*
 - a. die Sehnenkongruenz (1.3) einer kubischen Raumkurve und die duale Kongruenz (3.1);
 - b. eine spezielle Kongruenz (2.2), nämlich diejenige der Geraden welche eine quadratische Fläche berühren und eine Gerade treffen, die die quadratische Fläche berührt;
 - c. die Kongruenz (1.2) der Geraden, welche einen Kegelschnitt und eine Gerade treffen, welche mit dem Kegelschnitt einen Punkt gemein hat;
 - d. die Kongruenzen (1.1).
2. Die Linienkoordinaten p_{ij} einer Geraden genügen der Gleichung

$$p_{12} p_{34} + p_{13} p_{42} + p_{14} p_{23} = 0. \quad \dots \quad (1)$$

Bildet man die Gerade ab auf die Punkte der quadratischen vierdimensionalen Varietät Ω mit der Gleichung (1), dann wird eine Strahlenkongruenz abgebildet auf eine auf Ω gelegene Fläche, eine quadratische Regelschar auf einen auf Ω gelegenen Kegelschnitt. Die Frage nach den Strahlenkongruenzen mit ∞^2 quadratischen Regelscharen wird also ersetzt durch die nach denjenigen Flächen auf Ω , welche ∞^2 Kegelschnitte enthalten.

Nun ist nach einem von DARBOUX und SEGRE herrührenden Satz¹⁾ jede Fläche, welche ∞^2 Kegelschnitte enthält, entweder die VERONESESche Fläche vierter Ordnung in R_5 , oder eine Projektion dieser Fläche. Wir müssen also untersuchen ob die VERONESESche Fläche, bzw. eine Projektion dieser Fläche, auf Ω liegen kann.

3. Sind y_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) projektive Koordinaten in R_5 , dann wird die VERONESESche Fläche F am einfachsten dargestellt durch die Gleichungen

$$y_1 = \lambda^2, y_2 = \mu^2, y_3 = \nu^2, y_4 = \mu\nu, y_5 = \nu\lambda, y_6 = \lambda\mu \quad \dots \quad (2)$$

¹⁾ Vgl. z.B. BERTINI, Einführung in die projektive Geometrie mehrdimensionaler Räume, 369 (1924); ein einfacher Beweis bei BOMPIANI, Roma Acc. Lincei (5), 30, 248—251 (1921).

wo λ, μ, ν homogene Parameter sind. F gehört den 6 linear unabhängigen quadratischen Varietäten $y_1 y_2 - y_6^2 = 0$ u.s.w. und $y_1 y_4 - y_5 y_6 = 0$ u.s.w. an, sodasz F auf jedem Exemplar eines linearen Systems von ∞^5 quadratischen Varietäten liegt. Wie man leicht einsieht, sind diese nicht sämtlich Kegel; wir haben damit schon festgestellt, dasz eine Fläche F auf Ω liegen kann. Es zeigt sich ausserdem, dasz es solche Varietäten gibt, welche die Signatur null haben, woraus hervorgeht dasz es auf Ω eine Fläche F geben kann, deren Gleichungen durch eine *reelle* lineare Transformation aus (2) hervorgehen. Wir nehmen folgendes Beispiel:

$$\left. \begin{array}{l} p_{12} = \mu\nu, \quad p_{13} = \nu\lambda, \quad p_{14} = \lambda\mu, \\ p_{34} = \lambda^2 - \lambda\mu, \quad p_{42} = \mu^2 - \mu\nu, \quad p_{23} = \nu^2 - \nu\lambda \end{array} \right\} \dots \quad (3)$$

Die Fläche liegt auf (1). Ist $A = (a_1 a_2 a_3 a_4)$ ein beliebiger fester Punkt, $X = (x_1 x_2 x_3 x_4)$ ein veränderlicher Punkt, dann gehört die Gerade AX der Kongruenz (3) an, wenn

$$\begin{aligned} a_1 x_2 - a_2 x_1 &= \mu\nu, & a_1 x_3 - a_3 x_1 &= \nu\lambda, & a_1 x_4 - a_4 x_1 &= \lambda\mu \\ a_3 x_4 - a_4 x_3 &= \lambda(\lambda - \mu), & a_4 x_2 - a_2 x_4 &= \mu(\mu - \nu), & a_2 x_3 - a_3 x_2 &= \nu(\nu - \lambda) \end{aligned}$$

woraus nach Elimination der x_i hervorgeht:

$$\left. \begin{array}{l} (a_1 + a_2)\lambda - a_3\mu - a_1\nu = 0 \\ -a_1\lambda + (a_1 + a_3)\mu - a_4\nu = 0 \\ -a_2\lambda - a_1\mu + (a_1 + a_4)\nu = 0. \end{array} \right\} \dots \quad (4)$$

Diese Gleichungen deren Determinante gleich null ist, haben im allgemeinen eine Lösung für die Parameterwerte λ, μ, ν , sodasz die Ordnung der Kongruenz (3) eins beträgt. A ist ein singulärer Punkt, wenn das System (4) den Rang eins hat, also wenn

$$\left. \begin{array}{l} a_1^2 + a_1 a_2 + a_2 a_3 = 0 \\ a_1^2 + a_1 a_3 + a_3 a_4 = 0 \\ a_1^2 + a_1 a_4 + a_4 a_2 = 0 \end{array} \right\} \dots \quad (5)$$

A liegt also auf dem Durchschnitt dreier quadratischen Kegel, welche je zwei eine Erzeugende gemein haben; der Ort von A ist also eine kubische Raumkurve. Ihre Parametergleichungen sind z.B.

$$a_1 = t(t+1), \quad a_2 = t^2(t+1), \quad a_3 = -(t+1)^2, \quad a_4 = -t. \quad \dots \quad (6)$$

Die Sehne, welche die Punkte t_1 und t_2 verbindet, ist diejenige Gerade der Kongruenz, wofür gilt

$$\lambda : \mu : \nu = 1 : t_1 t_2 : (t_1 + 1)(t_2 + 1). \quad \dots \quad (7)$$

während umgekehrt die Gerade mit den Parameterwerten λ, μ, ν die Kurve in den zwei Punkten trifft, deren Parameter der Gleichung

$$\lambda t^2 + (\lambda + \mu - \nu) t + \mu = 0 \quad \quad (8)$$

genügen. Die Kongruenz (3) ist mithin die Sehnenkongruenz der kubischen Raumkurve (6) und hat die Klasse drei.

Die Träger der ∞^2 quadratischen Regelscharen, welche der Kongruenz angehören, sind die ∞^2 quadratischen Flächen, welche die Kurve enthalten. Die polare Verwandtschaft in Bezug auf Ω ordnet F die VERONESESche Fläche F^1 zu mit den Gleichungen

$$\left. \begin{array}{l} p_{12} = \lambda^2 - \lambda\mu, \quad p_{13} = \mu^2 - \mu\nu, \quad p_{14} = \nu^2 - \nu\lambda \\ p_{34} = \mu\nu, \quad p_{42} = \nu\lambda, \quad p_{23} = \lambda\mu. \end{array} \right\} \quad \quad (9)$$

Sie ist die Abbildung einer Kongruenz (3.1).

4. Wir untersuchen jetzt die Kongruenzen, deren Bild auf Ω eine in einem vierdimensionalen Raum gelegene Projektion von F ist und welche also offenbar einem linearen Komplex angehören.

Wird F aus einem Punkte P in R_5 auf einen R_4 projiziert, dann haben wir drei Fälle zu berücksichtigen: 1. P ist ein allgemeiner Punkt; 2. P liegt in einer Kegelschnittebene der Fläche F ; 3. P ist ein Punkt von F . Die drei möglichen Projektionen wollen wir bzw. mit F_1 , F_2 und F_3 bezeichnen.

5. Wird F aus einem allgemeinen Punkt projiziert, dann ist die Projektion eine Fläche vierter Ordnung, die ∞^2 Kegelschnitte und keine Geraden enthält. Ist F durch die Gleichungen (2) vorgelegt und wählen wir P in dem Punkt (111000), der nicht in einer Kegelschnittebene von F liegt und ist $x_1 = 0$ der Projektionsraum, so erhält F_1 die Gleichungen:

$$x_2 = \mu^2 - \lambda^2, \quad x_3 = \nu^2 - \lambda^2, \quad x_4 = \mu\nu, \quad x_5 = \nu\lambda, \quad x_6 = \lambda\mu. \quad . . . \quad (10)$$

Wie man leicht einsieht gibt es keine quadratische Gleichung in x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 welcher (10) identisch genügt. Das heiszt also dasz es keine quadratischen Varietäten gibt, welche F_1 enthalten. F_1 kann also niemals auf Ω liegen. Es gibt keine Strahlenkongruenzen, deren Bild eine Fläche F_1 ist.

6. Jetzt nehmen wir das Projektionszentrum P in einem Punkt der in einer Kegelschnittebene von F , aber nicht auf F liegt. Ein solcher Punkt ist z.B. (000001); er liegt nämlich in der Ebene $x_3 = x_4 = x_5 = 0$, die F schneidet in dem Kegelschnitt $x_1 = \lambda^2, x_2 = \mu^2, x_6 = \lambda\mu$, welcher den Punkt P nicht enthält. Ist $x_6 = 0$ der Projektionsraum, so hat F_2 die folgenden Gleichungen:

$$x_1 = \lambda^2, \quad x_2 = \mu^2, \quad x_3 = \nu^2, \quad x_4 = \mu\nu, \quad x_5 = \nu\lambda \quad . . . \quad (11)$$

woraus hervorgeht, dasz F_2 eine Fläche vierter Ordnung ist, welche ∞^2 Kegelschnitte enthält und eine Gerade l , nämlich $x_3 = x_4 = x_5 = 0$.

Während durch F_1 keine quadratischen Varietäten möglich waren, finden wir dasz F_1 gelegen ist auf die ∞^1 quadratischen Varietäten eines Büschels. Zwei Exemplare hiervon sind

$$x_1 x_3 - x_5^2 = 0, x_2 x_3 - x_4^2 = 0 \dots \dots \dots \quad (12)$$

Sämtliche Varietäte des Büschels sind Kegel ersten Ranges; l ist der Ort der Spitzen.

Hieraus geht hervor, dasz wenn F_2 auf Ω liegen soll, der vierdimensionale Raum, welcher F_2 enthält, diese Fundamentalvarietät in einem Kegel schneidet. Die Kongruenz, welche F_2 zum Bild hat, gehört also einem speziellen Komplex an. Ist a der Träger dieses Komplexes, dann ist der Bildpunkt von a die Spitze des Kegels und da diese Spitze auf F selber liegt, wird die Gerade a auch selbst zur Kongruenz gehören. Diese Kongruenz enthält weiter einen Strahlenbüschel (das Bild der Geraden l); zu diesem Büschel gehört die Gerade a .

Eine Fläche F_2 die auf Ω liegt, kann mittels einer linearen Transformation der Koordinaten aus (11) hervorgehen. Wir nehmen z.B.

$$\left. \begin{array}{l} p_{12} = v^2, p_{13} = v(\lambda - \mu), p_{14} = \mu^2 + \lambda^2 \\ p_{34} = \mu^2 - \lambda^2, p_{42} = v(\lambda + \mu), p_{23} = 0 \end{array} \right\} \dots \dots \quad (13)$$

Der spezielle Komplex, welchem die Kongruenz angehört, hat die Gleichung $p_{23} = 0$; der Träger a ist also die Gerade $X_1 X_4$, wenn X_i ($i = 1, 2, 3, 4$) die Eckpunkte des Koordinatentetraeders sind. Die Gerade auf F_2 hat die Gleichungen $p_{12} = p_{13} = p_{42} = p_{23} = 0$, der bezügliche Strahlenbüschel hat das Zentrum X_4 , liegt in der Ebene $x_2 = 0$ und enthält a . Weil F_2 die Basisfigur eines Büschels quadratischer Varietäten ist, gehören die Strahlen der Kongruenz einem quadratischen Komplex an. Dieser hat die Gleichung

$$p_{13}^2 + p_{42}^2 - 2p_{12}p_{14} = 0 \dots \dots \dots \quad (14)$$

Die Kongruenz ist also der Durchschnitt eines linearen und eines quadratischen Komplexes und deshalb eine Kongruenz (2.2). Weil sie eine singuläre Gerade hat, nämlich a , berühren ihre Strahlen eine quadratische Fläche²⁾. Diese Fläche findet man als Ort der Punkte, für welche die zwei hindurchgehenden Kongruenzstrahlen zusammenfallen. Die Gleichung von Q ist:

$$x_1^2 - x_3^2 + 2x_2x_4 = 0 \dots \checkmark \dots \quad (15)$$

Die Gerade a berührt diese Fläche in (0001); der Strahlenbüschel der Kongruenz ist diejenige der Tangenten der Fläche in diesem Punkt.

²⁾ STURM, Liniengeometrie, II, 328 (1893).

Wir finden also dasz die Kongruenz welche F_2 als Bild hat eine spezielle (2.2) Kongruenz ist und erzeugt wird durch diejenigen Tangenten einer quadratischen Fläche Q , welche eine Gerade a treffen, welche Q berührt.

Eine lineare Gleichung in den Parametern λ, μ, ν stellt auf der VERONESESche Fläche (2) einen Kegelschnitt dar und dasselbe gilt für die Fläche F (11). Wir erhalten also eine quadratische Regelschar unsrer Kongruenz indem wir in (13) $\nu = a\lambda + b\mu$ substituieren (a und b nicht beide null). Für die Gleichung des Trägers dieser Regelschar finden wir nach kurzer Rechnung

$$\left. \begin{aligned} & 2(a+b)x_1x_2 - (a^2 - b^2)x_1x_3 + \\ & + 2x_2^2 - 2(a-b)x_2x_3 - (a+b)^2x_2x_4 + (a^2 + b^2)x_3^2 = 0. \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Auf jeder dieser Flächen liegt augenscheinlich die Gerade a ($x_2 = x_3 = 0$). Dasz jede Fläche (17) die Fläche Q berührt, geht aus der Tatsache hervor, dasz man (17) folgendermaszen schreiben kann

$$\{(a+b)x_1 + 2x_2 - (a-b)x_3\}^2 - (a+b)^2(x_1^2 - x_3^2 + 2x_2x_4) = 0. \quad (17)$$

Wir haben also: die Träger der ∞^2 Regelscharen der durch Q und a bestimmten Kongruenz sind die ∞^2 quadratischen Flächen, welche a enthalten und Q berühren in einem Kegelschnitt welcher durch den Berührungs punkt von a und Q geht.

7. Wird die VERONESESche Fläche F aus einem ihrer Punkten P projiziert, dann entsteht eine Fläche dritter Ordnung F_3 die ausserhalb ∞^2 Kegelschnitte ∞^1 Gerade enthält. Diese sind die Projektionen der Kegelschnitte auf F , welche durch P gehen. F_3 hat ausserdem eine Leitgerade b , welche sämtliche Erzeugende trifft und die Schnittgerade ist des Projektionsraumes und die Tangentenebene von F in P . Wählen wir P in dem Punkt (001000), mit den Parameterwerten $\lambda = 0, \mu = 0, \nu = 1$ und ist $x_3 = 0$ der Projektionsraum, dann wird F_3 dargestellt durch

$$x_1 = \lambda^2, x_2 = \mu^2, x_4 = \mu\nu, x_5 = \nu\lambda, x_6 = \lambda\mu \quad . . . \quad (18)$$

mit den Leitgeraden $x_1 = x_2 = x_6 = 0$. F_3 liegt auf einem linearen System von ∞^2 quadratischen Varietäten, wovon drei linear unabhängige sind

$$x_1x_2 - x_6^2 = 0, x_1x_4 - x_5x_6 = 0, x_2x_5 - x_4x_6 = 0. \quad . . . \quad (19)$$

Die Varietäten des Systems sind sämtlich Kegel und zwar im allgemeinen solche ersten Ranges mit der Spitze auf F_3 . Eine Fläche F_3 kann also auf Q liegen, aber der Durchschnitt des vierdimensionalen Raumes welcher sie enthält und Q ist ein Kegel und die bezügliche Kongruenz gehört also wie im vorhergehenden Falle einem speziellen linearen Komplex an. Die Kongruenz enthält weiterhin ∞^1 Strahlenbüschel und

jede Gerade der Kongruenz gehört einem dieser Büschel an. Die Gleichungen der Kongruenz sind z.B.

$$\left. \begin{array}{l} p_{12} = \lambda^2, p_{13} = \lambda\mu, p_{14} = \mu^2 \\ p_{34} = \mu\nu, p_{42} = -\nu\lambda, p_{23} = 0. \end{array} \right\} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (20)$$

Der spezielle lineare Komplex $p_{23} = 0$ hat den Träger a , die Gerade $X_1 X_4$. Die Leitgerade b von F_3 hat die Gleichungen $p_{12} = p_{13} = p_{14} = 0$, der zugeordnete Strahlenbüschel hat das Zentrum X_4 und liegt in der Ebene $x_1 = 0$.

Eine Kongruenzgerade, welche nicht zu diesem Büschel gehört, trifft die Ebene des Büschels in dem Punkt $(0, p_{12}, p_{13}, p_{14})$ also in $(0, \lambda^2, \lambda\mu, \mu^2)$; der Ort der Schnittpunkte ist der Kegelschnitt K mit den Gleichungen $x_1 = 0, x_2 x_4 - x_3^2 = 0$, welcher durch x_4 geht.

Die Kongruenz ist also die (1.2) Kongruenz der Geraden welche den Kegelschnitt K und die Gerade a treffen, wobei K und a einen gemeinschaftlichen Punkt haben.

Sie ist also ein Sonderfall der Sehnenkongruenz einer kubischen Raumkurve. Die ∞^2 quadratischen Flächen, welche die Regelscharen der Kongruenz tragen sind diejenigen des Netzes welches die zerfallene Kurve als Basisfigur hat. Man kann die Kongruenz auch als einen Sonderfall der (2.2) Kongruenz auffassen: die quadratische Fläche Q ist jetzt ein Kegelschnitt.

Die duale Figur der Kongruenz ist die (2.1) Kongruenz der Geraden, welche a treffen und einen quadratischen Kegel berühren, welche von der Gerade a berührt wird. Sie kann als einen Sonderfall der Kongruenz (3.1) aber auch als einen der Kongruenz (2.2) betrachtet werden: die Fläche Q ist jetzt ein Kegel.

8. Eine Kongruenz, welche ein in einem Raum von weniger als vier Dimensionen gelegenes Bild hat, ist eine (1.1) Kongruenz. Sie enthält ∞^3 Regelscharen.

Mathematics. — *On associated lines in S_4 .* By O. BOTTEMA. (Communicated by Prof. W. VAN DER WOUDE.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

1. If in fourdimensional space we have four lines in general position there exists a fifth line which has the property that it is met by all planes meeting the four lines. The figure of these *five associated lines* and the ∞^2 intersecting planes is well-known. W. VAN DER WOUDE¹⁾ has considered the case that the four lines l_1, l_2, l_3 and l_4 have a common transversal l and he has found the remarkable fact, that this special case far from giving trivial results, leads to some interesting theorems. His main results are the following: there are ∞^1 associated lines, each of them meeting the ∞^2 planes which meet the four lines; the ∞^1 lines build up a surface V_3^2 of dimension two and degree three; the ∞^1 lines are determined by an arbitrary quadruple of them; each of the ∞^1 lines meets the transversal l ; each of the ∞^2 intersecting planes meets the V_3^2 in a conic; the ∞^2 planes build up a variety of the third class.

In what follows we shall give some supplementary notes on VAN DER WOUDE's article: the equations for the varieties get a simpler form if one chooses another system of coordinates; for the V_3^2 a geometrical construction will be given, the variety shown to be connected with VERONESE's surface, the group of collineations which leave the associated lines invariant discussed.

2. The common transversal l of the four lines l_1, l_2, l_3, l_4 is taken as $x_3 = x_4 = x_5 = 0$; one of the planes meeting these lines (and not containing l) the plane U , is taken as $x_1 = x_2 = 0$. The line l_i meets the line l in the point A_i and U in the point B_i . The coordinates (x_1, x_2) on l are chosen in such a way that we have: $A_1 = (1, 0), A_2 = (0, 1), A_3 = (1, 1), A_4 = (a, 1)$; the coordinates (x_3, x_4, x_5) of B_i in U , these being four points in general position, can be chosen arbitrarily; we take $B_1 = (1, 0, 0), B_2 = (0, 0, 1), B_3 = (1, 1, 1)$, the coordinates of B_4 are for the present (p, q, r) . A point P_1 on l_1 is then given by $(\lambda_1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0)$, P_2 on l_2 by $(0 \ \lambda_2 \ 0 \ 0 \ 1), P_3$ on l_3 by $(\lambda_3 \ \lambda_3 \ 1 \ 1 \ 1)$; the plane through $P_1 P_2 P_3$ has the equations:

$$x_1 = k\lambda_1 + m\lambda_3, \quad x_2 = l\lambda_2 + m\lambda_3, \quad x_3 = k + m, \quad x_4 = m, \quad x_5 = l + m,$$

¹⁾ VAN DER WOUDE, Ueber vier Gerade in R_4 , Proc. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, 43, 946—954 (1940).

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ being constants and k, l, m homogeneous parameters. If this plane meets the line l_4 , in the point $(\lambda a, \lambda, p, q, r)$ say, the following equations are due:

$$m = q, l = r - q, k = p - q, (r - q)\lambda_2 + q\lambda_3 = \lambda, (p - q)\lambda_1 + q\lambda_3 = a\lambda$$

Eliminating k, l, m, λ we have

$$(p - q)\lambda_1 - a(r - q)\lambda_2 + (1 - a)q\lambda_3 = 0 \dots \dots \dots \quad (1)$$

In order to give this relation a simple form, we determine p, q, r in the following way: $p = a^2, q = a, r = 1$; a being $\neq \infty, 0, 1$ the points B_i are of general position. The relation between $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ becomes

$$\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2 \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2)$$

The parameter equations of a plane, meeting the four lines (but not containing l and thus belonging to VAN DER WOUDE's second system) are thus:

$$x_1 = (k + m)\lambda_1 + m\lambda_2, x_2 = m\lambda_1 + (l + m)\lambda_2, x_3 = k + m, x_4 = m, x_5 = l + m$$

so that these planes are given by the equations:

$$x_1 = \lambda_1 x_3 + \lambda_2 x_4, x_2 = \lambda_1 x_4 + \lambda_2 x_5 \dots \dots \dots \quad (3)$$

the constants λ_1, λ_2 showing that there are ∞^2 planes.

Now the point is if there are other lines which intersect all these planes and those of the first system. Such a line m meets l . If $A = (t \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$ is the point of intersection with l , $B = (0 \ 0 \ x_3 \ x_4 \ x_5)$ that with U , according to (1) we must have

$$(x_3 - x_4)\lambda_1 - t(x_5 - x_4)\lambda_2 + (1 - t)x_4\lambda_3 = 0$$

or

$$(x_3 - x_4)\lambda_1 - t(x_5 - x_4)\lambda_2 + (1 - t)x_4(\lambda_1 + \lambda_2) = 0$$

or

$$\lambda_1(x_3 - tx_4) + \lambda_2(x_4 - tx_5) = 0.$$

The line m meets all the planes if this equation holds for all values of λ_1 and λ_2 , thus if

$$x_3 : x_4 : x_5 = t^2 : t : 1. \dots \dots \dots \dots \quad (4)$$

If A varies, the locus of B is indeed a conic in the plane U . It is clear that it passes through the points B_1, B_2, B_3 and B_4 , for $t = \infty, 0, 1$ and a respectively. It is uniquely determined by the property that it is the conic of the pencil of conics through B_i on which the points B_1, B_2, B_3 and B_4 have the same harmonic ratio, viz. a , as the points A_1, A_2, A_3 and A_4 have on l .

As the plane U is an arbitrary one of the ∞^2 planes, we have found a determination of the conic in each of the planes, using the points of intersection of such a plane with the original four lines.

Moreover we have got the following construction of the set of the ∞^1 associated lines: if in one of the planes intersecting the four lines in B_i , we determine the conic in the way mentioned just now, fixing a projective connection between the points of l and the points of the conic, so that the conjugated points of A_1, A_2, A_3 respectively, are B_1, B_2, B_3 (and thus the conjugate of A_4 is B_4) it follows that an associated line is a line which joins an arbitrary point of l with the conjugate point on the conic.

It is obvious from this construction, that the set of associated lines is determined by each quadruple of them.

3. An associated line joining the point $A = (t \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$ on l and the point $B = (0 \ 0 \ t^2 \ t \ 1)$ on U , the surface generated by the ∞^1 associated lines is given by

$$x_1 = \lambda t, \quad x_2 = \lambda, \quad x_3 = t^2, \quad x_4 = t, \quad x_5 = 1. \dots \quad (5)$$

where λ, t are parameters. By means of intersection with an arbitrary plane the degree of the surface is actually shown to be three. An equation $t =$ constant gives one of the associated lines. The conics on the surface are found by intersection with one of the planes (3):

$$x_1 = ax_3 + bx_4, \quad x_2 = ax_4 + bx_5$$

so that they are given by a relation

$$\lambda = at + b$$

The equation $\lambda = \infty$ gives the line l , $\lambda = 0$ the plane U . Through a point (λ, t) , not on l , pass one associated line and ∞^1 conics; each conic meets each line as is due; two conics have one point in common; through two points (λ_1, t_1) and (λ_2, t_2) not on the same line ($t_1 \neq t_2$), passes one conic:

$$\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{t_1 - t_2} t + \frac{\lambda_2 t_1 - \lambda_1 t_2}{t_1 - t_2}.$$

The intersection of the surface with a solid is generally a twisted cubic, which meets each of the lines once and each of the conics twice. If the solid passes through one of the lines the cubic breaks up in this line and one of the conics; the intersection with a solid through l consists of l and of two of the associated lines.

4. If in five-dimensional space S_5 we consider VERONESE's surface Ω :

$$x_0 = \lambda^2, \quad x_1 = \lambda t, \quad x_2 = \lambda, \quad x_3 = t^2, \quad x_4 = t, \quad x_5 = 1 \quad \dots \quad (6)$$

it is easy to see, that our surface is the projection of the surface of

VERONESE on a fourdimensional space ($x_0 = 0$), the centre of projection being chosen on this surface (viz. in the point O with the coordinates $x_0 = 1, x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = 0$)²). The tangent plane in O has the equations $x_3 = x_4 = x_5 = 0$ and produces the line l . Ω contains ∞^2 conics, ∞^1 passing through an arbitrary point, two conics having a point in common. The projections of the conics not passing through O are the ∞^2 conics of the surface V_2^3 ; the projections of the conics through O are the ∞^1 associated lines. Ω being of degree four and being projected from one of its points, it is clear that the projection is of the third degree.

5. A quadric passing through the surface V_2^3 has the equation

$$\alpha(x_4^2 - x_3x_5) + \beta(x_1x_4 - x_2x_3) + \gamma(x_1x_5 - x_2x_4) = 0. \quad \dots \quad (7)$$

all these ∞^2 quadrics are cones. As VAN DER WOUDE has already pointed out, the V_2^3 may be considered to be the intersection of two such cones, e.g. of $x_1x_4 - x_2x_3 = 0$ and $x_1x_5 - x_2x_4 = 0$ if the plane $x_1 = x_2 = 0$ is left out of account. The vertex of the cone (7) is the point $x_1 = \alpha y, x_2 = -\alpha\beta, x_3 = \gamma^2, x_4 = \gamma\beta, x_5 = \beta^2$, being a point of the surface, viz. $\lambda = \frac{\alpha}{\beta}, t = \frac{-\gamma}{\beta}$; the cone with its vertex in the point (λ, t) thus being

$$\lambda(x_4^2 - x_3x_5) - (x_1x_4 - x_2x_3) + t(x_1x_5 - x_2x_4) = 0. \quad \dots \quad (8)$$

There is one cone of the second order:

$$x_4^2 - x_3x_5 = 0 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9)$$

its line of vertices is l and each of the conics can be taken as its basic curve. The set (7) contains ∞^2 pencils of cones, the locus of the vertices being either one of the associated lines or one of the conics, thus showing the two species of pencils of cones, which are possible in S_4 ³).

6. If we have four lines in general position, there are ∞^2 planes, which meet these four lines (and the associated fifth line). The locus of these planes is a variety of the third class; that is to say: the condition that a solid with the equation $u_1x_1 + u_2x_2 + u_3x_3 + u_4x_4 + u_5x_5 = 0$ passes through one of the planes, leads to an equation of the third degree for the coordinates u_i . Through a general point of S_4 pass two of the planes, the locus of the points where the two planes coincide with one another is a variety V_3^4 of dimension three and degree four.

²⁾ The following theorem is well-known: a surface, in space of any number of dimensions, which contains ∞^2 conics, is the surface of VERONESE or one of its projections; cf. BERTINI, Einführung in die projektive Geometrie mehrdimensionaler Räume, 369 (1924).

³⁾ BERTINI, l.c. S. 174.

In our special case there are ∞^2 planes just as well; they form two systems, one built up by the planes containing the line l , the other given by the equations (3). A solid passing through the plane $x_1 = ax_3 + bx_4$, $x_2 = ax_4 + bx_5$, has coordinates which satisfy:

$$au_1 + u_3 = bu_2 + u_5 = bu_1 + au_2 + u_4 = 0,$$

so that if we eliminate a and b , we obtain the following equation for the variety:

$$u_1^2 u_5 - u_1 u_2 u_4 + u_2^2 u_3 = 0. \quad \dots \quad (10)$$

which is also satisfied by the planes of the first system: $u_1 = u_2 = 0$. Just as in the general case the variety is of the third class.

Through a point in S_4 pass two planes, one of the first system and one of the second, as is seen from (3). The points where the two planes coincide, are the points of the planes belonging to both systems. It is easy to see, that they are the points of the cone (9). The V_3^4 mentioned above in the general case, degenerates here in a quadratic cone of the second order, counted twice.

7. As four lines in general position have no absolute invariants, there is always a collineation in S_4 which interchanges the lines of a set of five associated lines. Consequently there is a group of $5!$ collineations, which leaves the set as a whole invariant. There are no collineations (besides identity) which leave each of the four (or five) lines invariant.

In our case the four lines have clearly one invariant: the anharmonic ratio of the four points A_1, A_2, A_3, A_4 . There are ∞^3 collineations, which leave each of the four lines (and each of the associated lines) invariant, viz.:

$$\begin{aligned} x_1^1 &= px_1 + qx_3 + rx_4, & x_2^1 &= px_2 + qx_4 + rx_5, \\ x_3^1 &= x_3, & x_4^1 &= x_4, & x_5^1 &= x_5 \end{aligned} \quad \left. \right\} \dots \quad (11)$$

or

$$\lambda^1 = p\lambda + qt + rt, \quad t^1 = t. \quad \dots \quad (12)$$

Each point of l is invariant and each plane of the first system too. As regards the planes of the second system, the one with the equations $x_1 = ax_3 + bx_4$, $x_2 = ax_4 + bx_5$ is conjugated to the plane $x_1 = a'x_3 + b'x_4$, $x_2 = a'x_4 + b'x_5$ where $a' = pa + q$, $b' = pb + r$. Each collineation leaves one plane of the second system invariant, namely the plane

$$a = \frac{q}{1-p}, \quad b = \frac{r}{1-p}.$$

Moreover there are collineations which interchange the four lines according to the Vierergruppe; if $(A_1 A_2 A_3 A_4)$ is harmonic there are eight, if it is aequianharmonic there are twelve collineations interchanging the four lines.

If we consider the whole set of associated lines, there is a group of ∞^6 collineations leaving them invariant, namely the group induced by the parametertransformations:

$$\lambda^1 = \frac{p\lambda + qt + r}{st + m}, \quad t^1 = \frac{nt + l}{st + m} \quad \dots \quad . \quad (13)$$

that is

$$\left. \begin{aligned} x_1^1 &= pn x_1 + pl x_2 + qn x_3 + (ql + rn) x_4 + rl x_5 \\ x_2^1 &= ps x_1 + pm x_2 + qs x_3 + (qm + rs) x_4 + rm x_5 \\ x_3^1 &= n^2 x_3 + 2nl x_4 + l^2 x_5 \\ x_4^1 &= ns x_3 + (nm + ls) x_4 + lm x_5 \\ x_5^1 &= s^2 x_3 + 2ms x_4 + m^2 x_5 \end{aligned} \right\} . \quad (14)$$

where $p(nm - ls) \neq 0$. The group is isomorphic with the group of affinities of the plane.

The planes of the second system are transformed according to the equations:

$$a^1 = \frac{pm a - ps b + qm - rs}{nm - ls}, \quad b^1 = \frac{-pla + pn b - ql + rn}{nm - ls}. \quad (15)$$

Mathematics. — *Die Gleichberechtigung gleichförmig beschleunigter Beobachter für die elektromagnetischen Erscheinungen.* Von J. HAANTJES. (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

Zusammenfassung.

Die Konforminvarianz der MAXWELLSchen Gleichungen ist von mehreren Autoren bewiesen worden. Zuerst von BATEMAN und CUNNINGHAM¹⁾ im Jahre 1910. Im ersten Paragraphen dieser Arbeit wird gezeigt dass auch die Formel (1.5) für das Berechnen des Feldes einer Punktladung konforminvariant ist. Es wird weiter für den Fall der speziellen Relativitätstheorie eine physikalische Interpretation der Konforminvarianz angegeben. Es sei B' ein Beobachter, der in bezug auf ein kartesisches System, das System des Beobachters B , in gleichförmig beschleunigter Translationsbewegung ist. Sodann existiert ein euklidischer Fundamentaltensor $'g_{hi} = \sigma^2 g_{hi}$, für welchen B' ebenso ein bevorzugter Beobachter ist, wie B in bezug auf g_{hi} . Die Beschleunigung lässt sich also mittels einer konformen Transformation wegtransformieren. Aus der Konforminvarianz der elektromagnetischen Gesetze folgt dann, dass die Beobachter B und B' gleichberechtigt sind. Die Raum-Zeit-Welt muss daher, allerdings nur was die elektromagnetischen Erscheinungen anbelangt, nicht als ein euklidischer Raum, sondern als ein konformeuklidischer Raum betrachtet werden. Nicht die Gruppe der LORENTZtransformationen aber die konforme Transformationsgruppe bestimmt die Geometrie der Raum-Zeit-Welt.

Am Schluss wird gezeigt dass B und B' mittels eines geladenen Massenteilchens dasselbe elektromagnetische Feld messen, wenn angenommen wird dass m bei der konformen Transformation $g_{hi} \rightarrow \sigma^2 g_{hi}$ einen Faktor σ^{-1} erhält. Dies bringt mit sich, dass die Dimension $[ML]$ bei konformen Transformationen invariant ist, was mit der Konstanz von h (Dimension $[ML^2 T^{-1}]$) im Einklang ist.

§ 1. Die Konforminvarianz der elektromagnetischen Gleichungen.

Bekanntlich kann das elektromagnetische Feld $F_{ij}(h, i, j, \dots = 1, 2, 3, 4)$ von einem Potential φ_i abgeleitet werden

$$F_{ij} = 2 \partial_{[i} \varphi_{j]} \quad \dots \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1.1)$$

¹⁾ E. CUNNINGHAM, Proc. London Math. Soc., 8, 77 (1910).
H. BATEMAN, Proc. London Math. Soc., 8, 223 (1910).

In einer Raum-Zeit-Welt mit einer konformen Metrik, d.h. in einem Raum in dem g_{ih} überhaupt nur bis auf einen beliebigen (nicht konstanten) Zahlenfaktor gegeben ist, existiert eine Tensordichte \mathfrak{G}_{ih} vom Gewicht $-1/2$, die man folgendermassen aus g_{hi} erhält:

$$\mathfrak{G}_{ih} = (-g)^{-\frac{1}{2}} g_{ih}; \quad g = \text{Det}(g_{ih}) \dots \dots \quad (1.2)$$

Das elektromagnetische Feld genügt nun den folgenden Gleichungen

$$\left. \begin{array}{l} a) \quad \partial_{[j} F_{ih]} = 0 \\ b) \quad \partial_j \mathfrak{F}^{jh} = -\mathfrak{s}^h; \quad \mathfrak{F}^{hi} = \mathfrak{G}^{hj} \mathfrak{G}^{il} F_{jl} \\ c) \quad \partial_j \mathfrak{s}^j = 0 \end{array} \right\} \dots \dots \quad (1.3)$$

wo \mathfrak{s}^h steht für die Stromvektordichte vom Gewicht +1. Dies sind die MAXWELLSchen Gleichungen in der konforminvarianten Gestalt²⁾.

In der speziellen Relativitätstheorie ist das Linienelement euklidisch und das Bezugssystem lässt sich derart wählen dass gilt

$$g_{11} = g_{22} = g_{33} = -g_{44} = -1, \quad g_{hi} = 0 \quad (h \neq i). \quad \dots \quad (1.4)$$

In diesem Falle ist es möglich den Potentialvektor φ_i als Lösung von (1.3b) näher anzugeben. Jede Punktladung bestimmt nämlich ein Feld und das Gesamtfeld erhält man durch Addition (oder Integration) dieser Felder. Es genügt daher einen Ausdruck für das Feld einer einzigen Punktladung e anzugeben.

Dazu betrachten wir einen beliebigen Punkt P . Es sei Q den Schnittpunkt der Weltlinie der Punktladung mit dem Nullkegel der Vergangenheit von P und u^h ein Tangentialvektor dieser Weltlinie in Q . Der Feldwert des durch die Ladung e hervorgerufenen Potentials φ_i im Punkte P ist nun bekanntlich

$$\varphi_i = -\frac{e}{4\pi u_h R^h} \quad \dots \dots \dots \quad (1.5)$$

Dabei ist R^h der Radiusvektor \vec{QP} , also ein Nullvektor ($R^h R_h = 0$). Das elektromagnetische Feld der Punktladung lässt sich dann aus (1.5) mittels (1.1) berechnen.

Wir werden jetzt zeigen, dass auch die Formel (1.5) konforminvariant ist. Damit ist hier folgendes gemeint:

Wird eine konforme Transformation $'g_{ih} = \sigma^2 g_{ih}$ ausgeführt, derart, dass der Fundamentaltensor euklidisch bleibt, und wird in bezug auf ein

²⁾ J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES, Ueber die konforminvariante Gestalt der Maxwellschen Gleichungen und der elektromagnetischen Impulsenergiegleichungen, *Physica* I 869—872 (1934). Vgl. auch J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES, Ueber die konforminvariante Gestalt der relativistischen Bewegungsgleichungen, *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch., Amsterdam*, **39** 1059—1065 (1936).

zu ' g_{ih} ' gehöriges kartesisches Koordinatensystem (h'), (d.h. ein System, für welches ' g_{ih} ' den Bestimmungszahlen (1. 4) hat) der Potentialvektor

$$\varphi' = -\frac{e}{4\pi} \frac{'g_{i'j'} u^{j'}}{'g_{h'j'} u^{h'} R^{j'}} \quad \quad (1.6)$$

gebildet, so unterscheidet sich φ'_i von φ_i nur um einen Gradientvektor. φ'_i und φ_i führen daher zu dasselbe elektromagnetische Feld. Anders gesagt: Die Formeln (1.5) für das Berechnen des elektromagnetischen Feldes sind konforminvariant.

Die Transformation, die das zu g_{hi} gehörige euklidische Bezugssystem (h) in ein zu ' g_{hi} ' gehöriges euklidisches Bezugssystem (h') überführt, ist eine konforme Transformation. Nun lässt sich jede konforme Transformation aus Inversionen und LORENTZtransformationen zusammensetzen³⁾. Wir brauchen daher nur die oben genannte Invarianz für eine Inversion zu beweisen denn die Invarianz bei LORENTZtransformationen ist unmittelbar klar aus (1.5). Dazu betrachten wir die folgende Inversion (hier als Koordinatentransformation aufgefasst):

$$x^h = \frac{x^h}{x^i x_i} \delta_h^i \quad \quad (1.7)$$

Differentiation von (1.7) führt zu den Transformationskoeffizienten eines Vektors

$$A_h^h = \delta_h^h \frac{1}{x^i x_i} - \frac{2 x_h x^j}{(x^i x_i)^2} \delta_j^h. \quad \quad (1.8)$$

In bezug auf (h') hat g_{ih} die Bestimmungszahlen

$$g_{i'h'} = A_{i'h'}^{i'h} g_{ih} \quad \quad (1.9)$$

Eine kleine Rechnung zeigt

$$g_{i'h'} = (x^j x_j)^2 g_{ih} \delta_{i'}^i \delta_{h'}^h. \quad \quad (1.10)$$

In bezug auf (h') hat der transformierte Fundamentaltensor die Bestimmungszahlen (1.4), also

$$'g_{i'h'} = g_{ih} \delta_{i'}^i \delta_{h'}^h, \quad \quad (1.11)$$

woraus sich in Verbindung mit (1.10) ergibt

$$'g_{ih} = \sigma^2 g_{ih}; \quad \sigma^2 = (x^i x_i)^{-2}. \quad \quad (1.12)$$

³⁾ Vgl. J. HAANTJES, Conformal representations of an n -dimensional euclidean space with a non-definite fundamental form on itself, Proc. Kon. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, **40**, 700—705 (1937). Vgl. auch SCHOUTEN—STRUUK, Einführung II, Noordhoff, S. 210.

Wir werden zuerst den Vektor ' R^h ' berechnen. Die Koordinaten von P bzw. Q seien x^h bzw. y^h . Es ist dann

$$R^h = x^h - y^h \quad \quad (1.13)$$

mit

$$R^h R_h = x^h x_h - 2 x^h y_h + y^h y_h = 0. \quad . . . \quad (1.14)$$

Die Bestimmungszahlen von ' R^h ' in bezug auf (h') sind die Koordinatendifferenzen von P und Q in bezug auf (h')

$$'R^{h'} = x^{h'} - y^{h'} = \left(\frac{x^h}{x^i x_i} - \frac{y^h}{y^i y_i} \right) \delta_h^{h'}. \quad . . . \quad (1.15)$$

Es sei nun $y^h = y^h(\tau)$ die Weltlinie der Punktladung; τ sei ein beliebiger Parameter. Der Tangentialvektor u^h in Q hat in bezug auf (h') die Bestimmungszahlen (vgl. (1.8))

$$u^{h'} = (A_h^{h'})_Q u^h = \left(\delta_h^{h'} - \frac{2 y_h y^j}{y^i y_i} \delta_j^{h'} \right) \frac{1}{y^i y_i} \frac{dy^h}{d\tau}; \quad \left(u^h = \frac{dy^h}{d\tau} \right). \quad (1.16)$$

Aus (1.11), (1.15) und (1.16) finden wir den Nenner von (1.6)

$$\begin{aligned} {}'g_{i'j'}'R^{h'} u^{i'} &= g_{lm} \delta_{h'}^l \delta_{i'}^m \left(\frac{x^h}{x^j x_j} - \frac{y^h}{y^j y_j} \right) \delta_h^{h'} \left(\delta_i^{i'} - \frac{2 y_i y^k}{y^j y_j} \delta_k^{i'} \right) \frac{1}{y^j y_j} \frac{dy^i}{d\tau} \\ &= g_{hi} \left(\frac{x^h}{x^j x_j} - \frac{y^h}{y^j y_j} \right) \frac{1}{y^j y_j} \left(\frac{dy^i}{d\tau} - 2 y_i \frac{y^i}{y^j y_j} \frac{dy^l}{d\tau} \right) \\ &= \frac{1}{(x^i x_i)(y^i y_i)} \left\{ x_h \frac{dy^h}{d\tau} - \frac{x^i x_i}{y^i y_i} y_h \frac{dy^h}{d\tau} - \frac{2 x_i y^i}{y^i y_i} y^h \frac{dy^h}{d\tau} + \frac{2 x^i x_i}{y^i y_i} y_h \frac{dy^h}{d\tau} \right\} \end{aligned} \quad (1.17)$$

Dieser Ausdruck lässt sich mittels (1.14) vereinfachen. Wir erhalten

$${}'g_{i'j'}'R^{h'} u^{i'} = \frac{1}{(x^i x_i)(y^i y_i)} \left(x_h \frac{dy^h}{d\tau} - y_h \frac{dy^h}{d\tau} \right) = \frac{R^h u_h}{(x^i x_i)(y^i y_i)}. \quad . \quad (1.18)$$

Für die Berechnung von φ'_i muss der Vektor $u^{h'}$ parallel (im Sinne von ' g_{ih} ') von Q nach P verschoben werden. In bezug auf das System (h') ändern sich die Bestimmungszahlen bei dieser pseudoparallelen Verschiebung nicht. Wir brauchen nach (1.6) die mittels ' g_{ij} ' gebildeten kovarianten Bestimmungszahlen des pseudoparallel verschobenen Vektors. Diese sind nach (1.16)

$$\begin{aligned} u'_{i'} &= {}'g_{i'j'} u^{j'} = g_{ij} \delta_{i'}^i \delta_{j'}^j \left(\delta_h^{h'} - \frac{2 y_h y^m}{y^l y_l} \delta_m^{h'} \right) \frac{1}{y^l y_l} \frac{dy^h}{d\tau} \\ &= \frac{1}{y^l y_l} \delta_{i'}^i \left(g_{ih} - \frac{2 y_h y_l}{y^l y_l} \right) \frac{dy^h}{d\tau}. \end{aligned} \quad (1.19)$$

Die Bestimmungszahlen in bezug auf (h) lassen sich nun unter Benutzung von (1.8), (1.14) und (1.19) finden. Es ergibt sich

$$'u_i = (A_i^h)_P' u_i = \frac{1}{(x^j x_j) (y^j y_j)} \left\{ g_{ih} + \frac{2 y_h (x_i - y_i)}{y^j y_j} - \frac{2 x_i (x_h - y_h)}{x^j x_j} \right\} \frac{dy^h}{dt}. \quad (1.20)$$

Zu jedem Punkte $P(x^h)$ gehört ein bestimmter Punkt Q auf der Kurve $y^h = y^h(\tau)$, also ein bestimmter Wert von τ . Man kann daher τ als Funktion von x^h betrachten. Diese Funktion folgt aus (vgl. 1.14))

$$x^i x_i + y^i (\tau) y_i (\tau) - 2 x^i y_i (\tau) = 0. \quad (1.21)$$

Differentiation nach x^i ergibt

$$x_i - y_i - (x_h - y_h) \frac{dy^h}{dt} \frac{\partial \tau}{\partial x^i} = 0, \quad (1.22)$$

also (vgl. (1.16))

$$\frac{\partial \tau}{\partial x^i} = \frac{x_i - y_i}{R^h u_h} \quad (1.23)$$

Wir kehren jetzt nach (1.18) und (1.20) zurück und bilden den neuen zu $'g_{hi}$ gehörigen Potentialvektor φ'_i . Wir betrachten die Bestimmungszahlen des neuen Potentialvektors in bezug auf das alte Bezugssystem (h) . Es ist nach (1.6), (1.18), (1.20) und (1.23)

$$\begin{aligned} \varphi'_i &= -\frac{e}{4\pi} \frac{'u_i}{'g_{h'i'}'R^{h'} u^{i'}} \\ &= -\frac{e}{4\pi} \left\{ \frac{u_i}{R^h u_h} + \frac{2 y_h}{y^j y_j} \frac{dy^h}{dt} \frac{\partial \tau}{\partial x^i} - \frac{2 x_i}{x^j x_j} \right\} \\ &= \varphi_i - \frac{e}{4\pi} \partial_i \log (y^j y_j) + \frac{e}{4\pi} \partial_i \log (x^j x_j) \\ &= \varphi_i + \frac{e}{8\pi} \{ \partial_i \log (\sigma)_Q - \partial_i \log (\sigma)_P \}. \end{aligned} \quad (1.24)$$

φ'_i und φ_i unterscheiden sich also nur um einen Gradientvektor, woraus hervorgeht

$$F'_{ij} = F_{ij}. \quad (1.25)$$

Wir haben daher bewiesen:

Wird das elektromagnetische Feld in der speziellen Relativitätstheorie ausgehend von einem euklidischen Fundamentaltensor $'g_{ij} = \sigma^2 g_{ij}$ statt von g_{ij} mittels derselben Formeln berechnet, so erhält man dasselbe Resultat. Die Konforminvarianz der MAXWELLSchen Gleichungen mit berücksichtigend erhalten wir den folgenden Satz:

Die elektromagnetischen Gleichungen haben in bezug auf die zu g_{ih} gehörigen kartesischen Bezugssysteme dieselbe Form als in bezug auf die zu g_{ih} gehörigen kartesischen Systeme. Diese Bezugssysteme sind also alle gleichberechtigt.

§ 2. Die zu einem gleichförmig beschleunigten Beobachter gehörige konforme Transformation.

Betrachten wir jetzt die Weltlinie eines Punktes (oder eines Beobachters B'), der in bezug auf ein kartesisches Bezugssystem B in gleichförmig beschleunigter Translationsbewegung ist. Zur Zeit $t=0$ sei B' relativ zu B in Ruhe. Wir wählen die Richtung der x^1 -Achse derart, dass diese mit der Bewegungsrichtung von B' zusammenfällt. Die Gleichung der Weltlinie von B' ist dann wie im Folgenden verifiziert wird

$$a \{(x^1)^2 - (x^4)^2\} + 2x^1 = 0, \quad x^2 = x^3 = 0. \dots \quad (2.1)$$

Diese Weltlinie ist eine Hyperbel, derer Asymptotenrichtungen Nullrichtungen sind. Die Gleichung der Hyperbel lautet in Parameterform

$$x^1 = \frac{2}{a(\lambda^2 - 1)}, \quad x^4 = \frac{2\lambda}{a(\lambda^2 - 1)}, \quad x^2 = x^3 = 0. \dots \quad (2.2)$$

Daraus geht hervor

$$\frac{dx^1}{ds} = \frac{2\lambda}{\lambda^2 - 1}, \quad \frac{dx^4}{ds} = \frac{\lambda^2 + 1}{\lambda^2 - 1}, \quad ds^2 = (dx^4)^2 - (dx^1)^2 = \frac{4}{a^2} \frac{(d\lambda)^2}{(\lambda^2 - 1)^2}, \quad (2.3)$$

also

$$\frac{d^2 x^1}{ds^2} = \frac{a(\lambda^2 + 1)}{\lambda^2 - 1}, \quad \frac{d^2 x^4}{ds^2} = \frac{2a\lambda}{\lambda^2 - 1}. \dots \quad (2.4)$$

Für die Länge des Vektors $\frac{d^2 x^h}{ds^2}$ finden wir

$$\left\{ \left(\frac{d^2 x^1}{ds^2} \right)^2 - \left(\frac{d^2 x^4}{ds^2} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = |a|. \dots \quad (2.5)$$

Die Beschleunigung von B' ist daher in jedem Punkte P der Weltlinie in bezug auf einen Beobachter, der mit konstanter Geschwindigkeit (in bezug auf B) bewegt und dieselbe Geschwindigkeit hat wie B' in P , gleich

$$a c^2 \dots \quad (2.6)$$

denn für diesen Beobachter ist $ds^2 = c^2 dt^2$.

Wir fragen jetzt nach der konformen Koordinatentransformation

$$x^{h'} = f^{h'}(x^i), \quad \dots \quad (2.7)$$

welche so beschaffen ist, dass die Weltlinie von B' in bezug auf das System (h') die Gleichung

$$x^{1'} = 0, \quad x^{2'} = 0, \quad x^{3'} = 0, \quad \dots \quad (2.8)$$

hat. Es gibt mehrere solche Transformationen, doch unter bestimmten physikalisch plausiblen Einschränkungen nur eine. Wir werden nämlich voraussetzen, dass die Transformation folgenden Forderungen genügt:

- I. Der Ursprung des Bezugssystems sei invariant.
- II. Die Transformation ändere sich nicht wenn man entweder

- a) x^2 durch $-x^2$ ersetzt
- oder b) x^3 durch $-x^3$ ersetzt
- oder c) x^4 durch $-x^4$ ersetzt (also Vergangenheit und Zukunft verwechselt).

III. In bezug auf (h') habe g_{ih} im Ursprung dieselbe Bestimmungszahlen als in bezug auf (h) , also $(-1, -1, -1, +1)$. Anders gesagt: Im Ursprung sei $\sigma = 1$.

Die allgemeinste infinitesimale konforme Transformation die den Forderungen I und III genügt ist

$$\left. \begin{aligned} x^{1'} &= \frac{1}{N} \{ x^1 + a_{12} x^2 + a_{13} x^3 + a_{14} x^4 + a_{15} g_{ij} x^i x^j \} \\ x^{2'} &= \frac{1}{N} \{ -a_{12} x^1 + x^2 + a_{23} x^3 + a_{24} x^4 + a_{25} g_{ij} x^i x^j \} \\ x^{3'} &= \frac{1}{N} \{ -a_{13} x^1 - a_{23} x^2 + x^3 + a_{34} x^4 + a_{35} g_{ij} x^i x^j \} \\ x^{4'} &= \frac{1}{N} \{ +a_{14} x^1 + a_{24} x^2 + a_{34} x^3 + x^4 + a_{45} g_{ij} x^i x^j \}, \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

wo

$$N = 1 - 2a_{15} x^1 - 2a_{25} x^2 - 2a_{35} x^3 + 2a_{45} x^4 \quad \dots \quad (2.10)$$

ist und die Koeffizienten $a_{\lambda\kappa}$ ($\lambda, \kappa = 1, \dots, 5$) infinitesimal sind. Die Forderung II führt sodann zu der folgenden infinitesimalen Transformation:

$$\left. \begin{aligned} x^{1'} &= \frac{x^1 + \frac{1}{2} b g_{ij} x^i x^j}{1 - b x^1} \quad \text{oder} = x^1 + b \{ (x^1)^2 + \frac{1}{2} g_{ij} x^i x^j \} \\ x^{2'} &= \frac{x^2}{1 - b x^1} \quad \text{oder} = x^2 + b x^1 x^2 \\ x^{3'} &= \frac{x^3}{1 - b x^1} \quad \text{oder} = x^3 + b x^1 x^3 \\ x^{4'} &= \frac{x^4}{1 - b x^1} \quad \text{oder} = x^4 + b x^1 x^4, \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

bei Vernachlässigung von b^2 . Die zugehörige endliche Transformation lässt sich finden als Lösung des Differentialgleichungssystems

$$\left. \begin{array}{l} a) \frac{dx^1}{db} = (x^1)^2 + \frac{1}{2} g_{ij} x^i x^j \\ b) \frac{dx^a}{db} = x^1 x^a, (a=2, 3, 4). \end{array} \right\} \dots \quad (2.12)$$

Aus (2.12) geht hervor

$$\frac{d(g_{ij} x^i x^j)}{db} = 2x^1 \{(x^4)^2 - (x^3)^2 - (x^2)^2 - (x^1)^2 + \frac{1}{2} g_{ij} x^i x^j\} = x^1 g_{ij} x^i x^j, \quad (2.13)$$

also (mit (2.12a))

$$\frac{d^2 x^1}{db^2} = 2x^1 \frac{dx^1}{db} + \frac{1}{2} x^1 g_{ij} x^i x^j = 3x^1 \frac{dx^1}{db} - (x^1)^3. \quad (2.14)$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung wird am einfachsten erhalten, wenn man zuerst $x^1 = -\frac{d}{db} \log y$ substituiert. Diese Substitution führt zu $y''' = 0$, woraus hervorgeht

$$x^1 = \frac{\alpha^1 - \beta b}{1 - \alpha^1 b + \frac{1}{2} \beta b^2}, \quad \dots \quad (2.15)$$

wo α^1 und β Konstanten sind. Substitution dieses Ausdrucks in (2.12b) ergibt

$$x^a = \frac{\alpha^a}{1 - \alpha^1 b + \frac{1}{2} \beta b^2}, (a=2, 3, 4). \quad \dots \quad (2.16)$$

Aus (2.12a), (2.15) und (2.16) folgt dann

$$\beta = -\frac{1}{2} g_{ij} \alpha^i \alpha^j. \quad \dots \quad (2.17)$$

Die Konstanten α^i werden aus den Anfangswerten von x^h bestimmt. Es ergibt sich $\alpha^h = (x^h)_0$. Nennen wir die Anfangswerte wieder x^h und die transformierten Bestimmungszahlen $x^{h'}$, so lautet die *endliche konforme Transformation* (b ist hier nicht mehr infinitesimal)

$$\left. \begin{array}{l} x^{1'} = \frac{x^1 + \frac{1}{2} b g_{ij} x^i x^j}{1 - b x^1 - \frac{1}{4} b^2 g_{ij} x^i x^j}, \\ x^{a'} = \frac{x^a}{1 - b x^1 - \frac{1}{4} b^2 g_{ij} x^i x^j}, (a=2, 3, 4). \end{array} \right\} \quad \dots \quad (2.18)$$

Die inverse Transformation erhält man, indem man in (2.18) den Parameter b durch $-b$ ersetzt.

In bezug auf (h') hat die Weltlinie (2. 1) von B' die Gleichung

$$(a + b) \{(x^{1'})^2 - (x^{4'})^2\} + 2x^{1'} = 0, x^{2'} = x^{3'} = 0. \quad (2.19)$$

Wählen wir daher $b = -a$, so erhält diese Weltlinie die erwünschte Gestalt

$$x^{1'} = x^{2'} = x^{3'} = 0. \quad (2.20)$$

Die Transformation (2. 18) mit $b = -a$ ist also die einzige konforme Transformation, welche den drei oben genannten Forderungen genügt und zu der Gleichung (2. 20) führt.

Betreffs der Transformationen (2. 18) können wir noch folgendes bemerken.

1. Die Transformationen (2. 18) bilden eine einparametrische Gruppe mit b als Parameter. Bezeichnen wir die zum Parameter b gehörige Transformation mit T_b , so lässt sich das Multiplikationsgesetz schreiben als

$$T_b \cdot T_c = T_{b+c}; T_0 = I \text{ (Identität).} \quad (2.21)$$

Der Beweis dieses Gesetzes werden wir hier unterdrücken.

2. In der schon oben zitierten Arbeit⁴⁾ ist die folgende konforme Transformation abgeleitet:

$$x^{h'} = \frac{x^h - \frac{1}{2} b^h x^i x_i}{1 - b^i x_i}, \quad b^i b_i = 0. \quad (2.22)$$

Die Transformation (2. 18) ist nun das Produkt zweier solcher Transformationen, die eine mit $b^h \left(-\frac{b}{2}, 0, 0, -\frac{b}{2} \right)$, die andere mit $b^h \left(-\frac{b}{2}, 0, 0, \frac{b}{2} \right)$.

3. Die Bestimmungszahlen des Fundamentaltensors g_{ij} in bezug auf (h') lassen sich mittels der Formel $g_{h'i'} = A_{h'i'}^{h'j} g_{hi}$ berechnen. Es ergibt sich

$$\begin{aligned} g_{1'1'} &= g_{2'2'} = g_{3'3'} = -g_{4'4'} = -(1 - b x^1 - \frac{1}{4} b^2 g_{ij} x^j x^i)^2, \\ g_{h'i'} &= 0 \quad (h' \neq i'). \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (2.23)$$

§ 3. Die physikalische Folgerung.

Der speziellen Relativitätstheorie liegt folgendes Postulat zu Grunde. Wird ein Koordinatensystem B so gewählt, dass in bezug auf dasselbe die physikalischen Gesetze in ihrer einfachsten Form gelten (bevorzugte Koordinatensysteme), so gelten dieselben Gesetze auch in bezug auf jedes andere Koordinatensystem B' , das relativ zu B in gleichförmiger

⁴⁾ L.c. 3). S. 704.

Translationsbewegung begriffen ist. Es gibt bevorzugte Beobachter und zu jedem bevorzugten Beobachter gehört in der Raum-Zeit-Welt ein bestimmtes kartesisches Koordinatensystem. Diese Beobachter haben relativ zu einander konstante Geschwindigkeiten, während die zugehörigen Bezugssysteme aus einander hervorgehen mittels LORENTZtransformationen. Für jeden Beobachter ist die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit gleich c , also konstant. Die bevorzugten Beobachter sind alle *gleichberechtigt*.

Wir können nun aber, wenigstens was die elektromagnetischen Gesetze der Physik anbelangt, etwas weiter gehen und die Klasse der bevorzugten Beobachter erweitern. Auch die Beobachter, die in bezug auf ein kartesisches System in *gleichförmiger beschleunigter Translationsbewegung* sind, können wir als bevorzugt betrachten. Das sind also die Beobachter, deren Weltlinien verallgemeinerte Kreise sind. Wir haben nämlich im zweiten Paragraphen gezeigt, dass man die Beschleunigung mittels einer konformen Transformation wegtransformieren kann, wie man eine Geschwindigkeit mittels einer LORENTZtransformation wegtransformieren kann und im ersten Paragraphen ist gezeigt, dass die elektromagnetischen Gesetze konforminvariant sind, d.h. sich bei konformen Transformationen nicht ändern.

Wir können dieses Resultat etwas näher präzisieren. Betrachten wir dazu den Beobachter B' , der in bezug auf ein kartesisches System (h) , das System des Beobachters B , die folgende Weltlinie hat (vgl. (2. 1))

$$a \{(x^1)^2 - (x^4)^2\} + 2x^1 = 0, x^2 = x^3 = 0. \dots \quad (3.1)$$

B' ist relativ zu B also in *gleichförmiger beschleunigter Bewegung* mit der Beschleunigung $a c^2$. Das zu B' gehörige bevorzugte Bezugssystem wird, wie gezeigt ist, aus (h) erhalten mittels der Transformation (vgl. (2. 18))

$$\left. \begin{aligned} x^{1'} &= \frac{x^1 - \frac{1}{4} a g_{ij} x^i x^j}{1 + a x^1 - \frac{1}{4} a^2 g_{ij} x^i x^j} \\ x^{a'} &= \frac{x^a}{1 + a x^1 - \frac{1}{4} a^2 g_{ij} x^i x^j} \end{aligned} \right\} \dots \quad (3.2)$$

In bezug auf (h') ist die Weltlinie von B'

$$x^{1'} = x^{2'} = x^{3'} = 0. \dots \quad (3.3)$$

Im ersten Paragraphen haben wir gezeigt dass für B' die elektromagnetischen Gleichungen in bezug auf (h') dieselbe Form haben. Für ihn ist (h') das bevorzugte System. Auch die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit ist für B' gleich c . B' benutzt aber nicht denselben Fundamentaltensor wie B . Sein Fundamentaltensor hat in bezug auf (h') dieselben Bestimmungszahlen als g_{ih} in bezug auf (h) . Man erhält den Fundamentaltensor von B' aus dem Fundamentaltensor von B durch Multiplikation mit

einem Faktor (vgl. (2.23)). Was die elektromagnetischen Erscheinungen anbelangt sind B und B' also auch gleichberechtigt.

Dies bringt mit sich, dass wir unsere Auffassung betreffs der Raum-Zeit-Welt etwas ändern. Die Raum-Zeit-Welt ist was die elektromagnetischen Erscheinungen anbelangt kein euklidischer Raum, aber ein konformeuklidischer Raum. Denn B und B' sind gleichberechtigt, also auch die beiden zugehörigen Fundamentaltensoren. Die Transformationen (3. 2) bilden zusammen mit den LORENTZtransformationen die konforme Gruppe, welche die Geometrie der Raum-Zeit-Welt bestimmt.

Bis jetzt ist noch keine Masse in Betracht genommen. Das Feld F_{ij} wird aber mit Hilfe eines geladenen Massenteilchens gemessen, z.B. durch die Beschleunigung des Teilchens, welche das Feld hervorbringt. Dazu misst man die Beschleunigung des Teilchens einmal mit Feld und einmal ohne Feld. Es handelt sich also um die Änderung der Beschleunigung, die das Feld F_{ij} verursacht. Wir können jetzt noch beweisen, dass die zwei Beobachter B und B' auf diese Weise das selbe Massresultat erhalten, wenn angenommen wird, dass die Masse m bei der Transformation $g_{ih} \rightarrow \sigma^2 g_{ih}$ einen Faktor σ^{-1} bekommt. Dies bringt also mit sich, dass sich $m(-g)^{\frac{1}{2}}$ bei der konformen Transformation nicht ändert.

Die Bewegungsgleichung eines geladenen Teilchens für den Beobachter B :

enthält nämlich das Glied

$$\frac{e}{c} \frac{dx^i}{dt} F_{ij} g^{hj} \dots \dots \dots \dots \quad (3.5)$$

Dabei ist m die Masse für B während τ mittels $g_{ij} \frac{dx^i}{d\tau} \frac{dx^j}{d\tau} = 1$ bestimmt ist. Dieser Ausdruck hat in bezug auf ein bevorzugtes System (h') des Beobachters B' die Gestalt

$$\frac{e}{c} \frac{dx^{i\prime}}{d\tau} F_{i\prime j'} g^{h' j'} = \sigma^3 \frac{e}{c} \frac{dx^{i\prime}}{d\tau'} F_{i\prime j'} g^{h' j'}. \quad . . . \quad (3.6)$$

Das linke Glied der Bewegungsgleichung (3.4) lautet in bezug auf (h')

$$m \frac{d^2 x^{h'}}{d\tau^2} + \dots = m \sigma^2 \frac{d^2 x^{h'}}{(d\tau')^2} + \dots ; \quad (d\tau')^2 = g_{hi} dx^i dx^h = \sigma^2 (d\tau)^2, \quad (3.7)$$

wo nur die Terme, welche die zweite Ableitung enthalten, angeschrieben sind. Die Beobachter sind daher auch was diese Messung anbelangt gleichberechtigt, wenn

ist, wo die Masse für den Beobachter B' mit m' bezeichnet ist. B und B' messen in diesem Falle natürlich nicht dieselbe Beschleunigung aber dieselbe Änderung der Beschleunigung.

Die Formel (3.8) bedeutet, dass die Masse m für zwei Beobachter, welche eine Beschleunigung in bezug auf einander haben, verschieden ist. Bei der konformen Transformation $g_{ih} \rightarrow \sigma^2 g_{ih}$ enthält m einen Faktor σ^{-1} . Transformation der Längen mit σ muss also Transformation der Massen mit σ^{-1} mit sich bringen. Die Dimension $[ML]$ ist daher invariant, was man auch aus der Konstanz der PLANCKSchen Konstante h (Dimension $ML^2 T^{-1}$) erschliessen könnte⁵⁾.

⁵⁾ Vgl. J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES, Ueber die konforminvariante Gestalt der relativistischen Bewegungsgleichungen. Proc. Kon. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, **39**, 1063 (1936).

Geology. — Over een polyëdrische pisoliet van Palimanan bij Cheribon.
Door B. G. ESCHER. (Communicated by Prof. L. RUTTEN.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

Het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden ontving in 1937 van Dr. G. H. R. VON KOENIGSWALD een collectie gesteenten van Java, waaronder het in fig. 1 afgebeelde stuk. De vindplaats ervan is: Nabij de warme bronnen bij Dessa Palimanan, Goenoeng Kromong, ten W. van Cheribon.

Bij vluchttige beschouwing maakt het gesteente den indruk van een agglomeraat van pseudomorfosen volgens een regulair mineraal. Het wisselend aantal der vlakken en de variatie in de grootte der tweevlakshoeken verraden echter, dat hier van een kristalvorm geen sprake is.

Na slijpen en polijsten van een plat vlak aan het agglomeraat, verraadt zich de pisolitische structuur door een concentrische gelaagdheid van ronde korrels, die door een secundairen neerslag van calciet aan elkaar zijn gekit. Deze secundaire calciet-omhulsels zijn van elke korrel uit gekristalliseerd en raken elkaar in platte vlakken, wier aantal wisselt met het aantal der elkaar omgevende korrels. Op de contactvlakken is de verkutting veelal onvolledig, waardoor het agglomeraat meestal langs deze platte aansakingsvlakken afbreekt (fig. 2) en slechts bij uitzondering dwars door de korrels of langs concentrische schalen (fig. 3). De grootte der polyëdrische korrels varieert van 2 tot 10 mm in den pisoliet van Palimanan. De kern der korrels wordt door een aggregaat van mikrokristallijnen calciet met onregelmatige begrenzing gevormd. Hieromheen liggen concentrische laagjes van afwisselend mikrokristallijnen en kryptokristallijnen calciet, welke laatste in dunne doorsneden ondoorzichtig is (fig. 4). Op een polijstvlak (fig. 5) zijn de mikrokristallijnen ringen donker, de kryptokristallijnen licht. De reactie van MEIGEN viel negatief uit, evenals de zilverreactie volgens FEIGL en LEITMEIER, die beide door Mej. Dr. C. M. KOOMANS werden uitgevoerd.

De korrels bestaan dus geheel uit calciet en zoowel aragoniet als ktypeïet (LACROIX, 1898 en 1922) ontbreken. Dr. J. A. A. KETELAAR was zoo vriendelijk Röntgenopnamen van dezen pisoliet te maken, zoowel van de korrels als van de kitmassa, waaruit bleek, dat beide uit calciet bestaan.

Is er uitsluitend CaCO_3 neergeslagen, dan zijn bij opvallend licht de mikrokristallijnen ringen grijs en de kryptokristallijnen, die het grootste oppervlak innemen, wit. Is er wat kleurstof, vermoedelijk een ijzerverbinding, mee neergeslagen, dan zijn de mikrokristallijnen ringen donker geel-bruin en de kryptokristallijnen heel licht bruin getint.

B. G. ESCHER: OVER EEN POLYËDRISCHE PISOLIET VAN PALIMANAN BIJ CHERIBON.

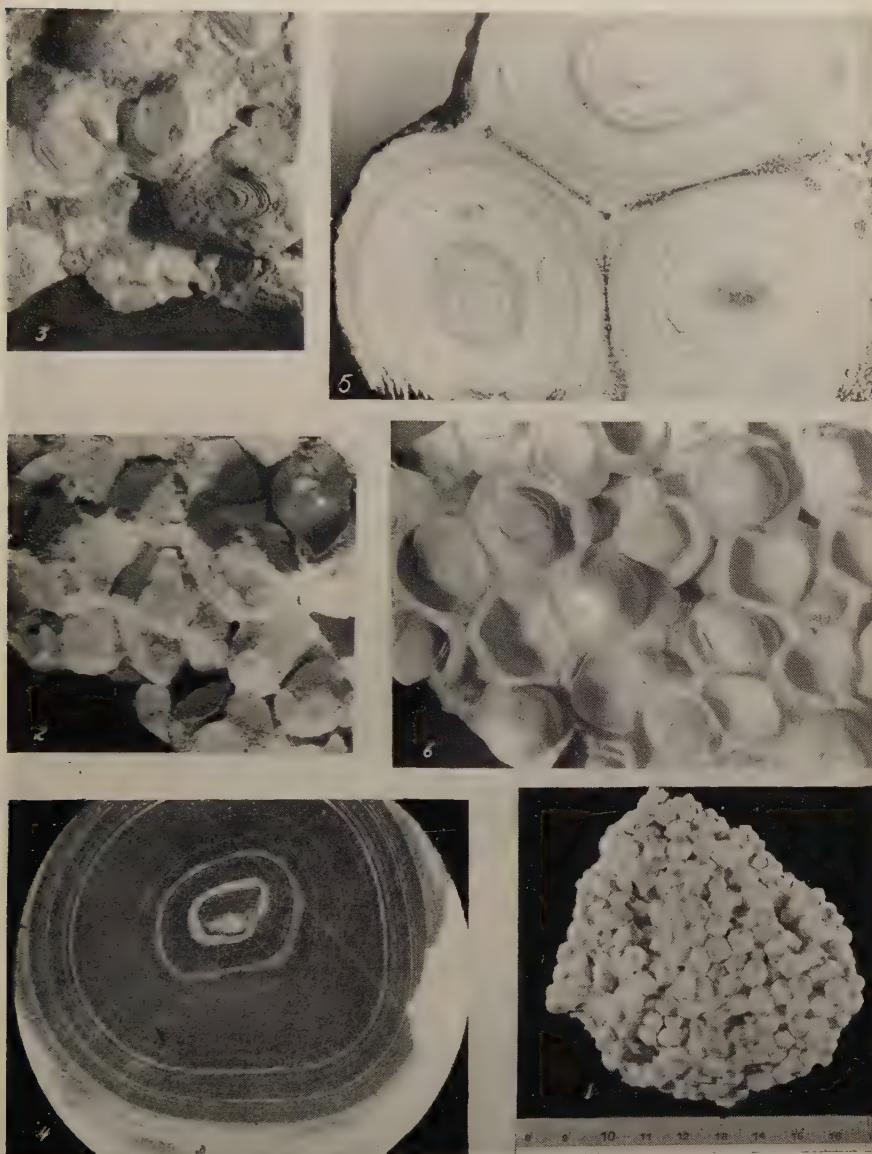


Fig. 1. Polyëdrische pisoliet van Palimanan.

Fig. 2. Het door platte vlakken begrenste breukvlak van dezen pisoliet.

Fig. 3. De concentrische structuur der doorgebroken korrels.

Fig. 4. Microfoto van een korrel in doorvallend licht; donker = kryptokristallijnen, licht = mikrokristallijnen calciet.

Fig. 5. Polijstvlakje van den pisoliet in opvallend licht; licht = kryptokristallijnen, donker = mikrokristallijnen calciet.

Fig. 6. Karlsbad-erwtensteen met ingedeukte korrels.

Een radiaal-vezelige structuur ontbreekt zoowel in de korrels als in de kitmassa.

Polyédrische pisolieten schijnen zeldzaam te zijn. LACROIX (1898 en 1922) wijst op het verschijnsel, dat de korrels elkaar soms hebben ingedeukt, hetgeen waarschijnlijk maakt, dat het CaCO_3 aanvankelijk colloïdaal werd neergeslagen. Dit verschijnsel is o.a. aan de bekende erwtensteen van Karlsbad te zien (fig. 6), die echter desondanks langs concentrische schalen afbreekt, en dan ook geen polyédrischen indruk maakt.

Voorzoover ik kan nagaan, zijn polyédrische pisolieten slechts door R. R. SHROCK (1930) beschreven van een zwerfsteen, die in *N. Indiana* gevonden is. Hij vond daarin vormen die varieeren van bijna volmaakte bollen tot ellipsoïden, onvolledige cubussen en asymmetrische polyëders met 9 of minder tot 15, veelal 12 vlakken¹⁾ van verschillende grootte. Die vlakken waren plat, convex of concaaf. De ronde korrels waren klein, met een middellijn van 2.5 tot 3 mm, de polyédrische hadden een diameter van 6 à 7 mm. De structuur der korrels werd gekarakteriseerd door radiair gerangschikte vezels of prisma's van CaCO_3 . De kern was rond met licht geel-bruine ringen, die vermoedelijk door ferri-oxyde gekleurd waren. Terwijl de pisoliet van Karlsbad op het breukvlak glanzende schalen vertoont, is het breukvlak van den pisoliet van Palimanan dof, met een krijtachtig uiterlijk.

De genese van den pisoliet van Palimanan is vermoedelijk als volgt: In een bronkanaal heerschte een vrij sterke opwaartsche beweging van het warme bronwater. Om kernen van mikrokristallijnen calciet, die in het water zweefden, werden concentrische lagen van CaCO_3 afgezet. Nadat het bronkanaal verstopt was en het bronwater een anderen uitweg gevonden had, bezonken de ronde korrels, die vervolgens in min of meer stilstaand bronwater door een secundaire afzetting van calciet verkit werden.

Summary.

The described polyhedral pisolite has been found in the immediate neighbourhood of hot springs. The grains are rounded and have a concentric structure of alternating layers of microcristalline and crypto-cristalline calcite. They are surrounded by a secondary precipitation of calcite, which gives the grains their polyhedral shape. Aragonite as well as Ktypeite are absent. The grains have a diameter of 2 to 10 mm.

¹⁾ Zie over het optreden van 12 vlakken de volgende mededeeling, waarin ook naar de literatuur verwezen is.

Geology. — *Over de regulaire en hexagonale dichtste bolstapelingen en de deformatie hunner bollen tot dodekaëders tenegevolge van compactie.* Door B. G. ESCHER. (Communicated by Prof. L. RUTTEN.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

Sommige gedeelten der bekende pisolieten (erwtenstenen) van Karlsbad bezitten ingedeukte bollen (ESCHER, 1940), die door min of meer platte vlakken begrensd zijn. Zij maken den indruk colloïdaal als bolletjes gevormd te zijn, en, terwijl zij nog plastisch waren, door druk gediformeerd te zijn (LACROIX (1922)).

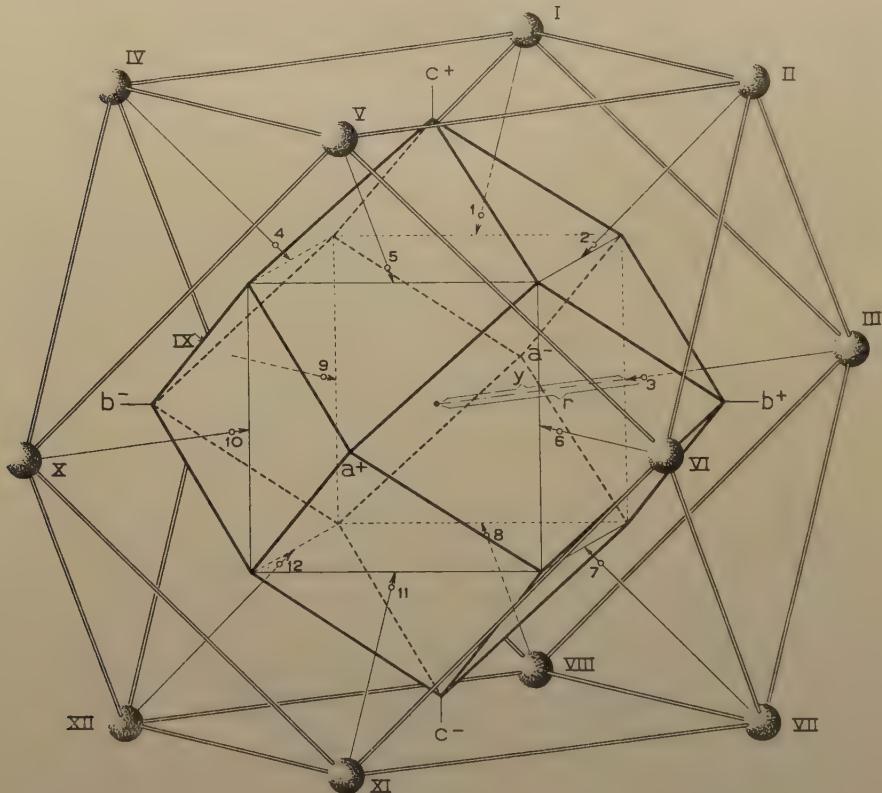


Fig. 4. Draadmodel der regulaire dichtste bolstapeling (loodrecht op een viertallige as) waarvan de hoekpunten I t/m XII de middelpunten van even grote bollen (met straal = r) zijn, die een centrale bol in de punten 1 t/m 12 raken. De compactie vindt plaats in de richting der pijlen, waardoor de centrale bol in een rhombendodekaëder verandert, waarvan de zwaartepunten der vlakken met de pijlpunten samenvallen. De lengte van de normalen, uit het middelpunt op de vlakken neergelaten, bedraagt $y = 0.90472 r$.

B. G. ESCHER: OVER DE REGULARE EN HEXAGONALE DICHTSTE BOLSTAPELINGEN EN DE DEFORMATIE HUNNER BOLLEN TOT DOODEKAËDERS TENGEVOLGE VAN COMPACTIE.

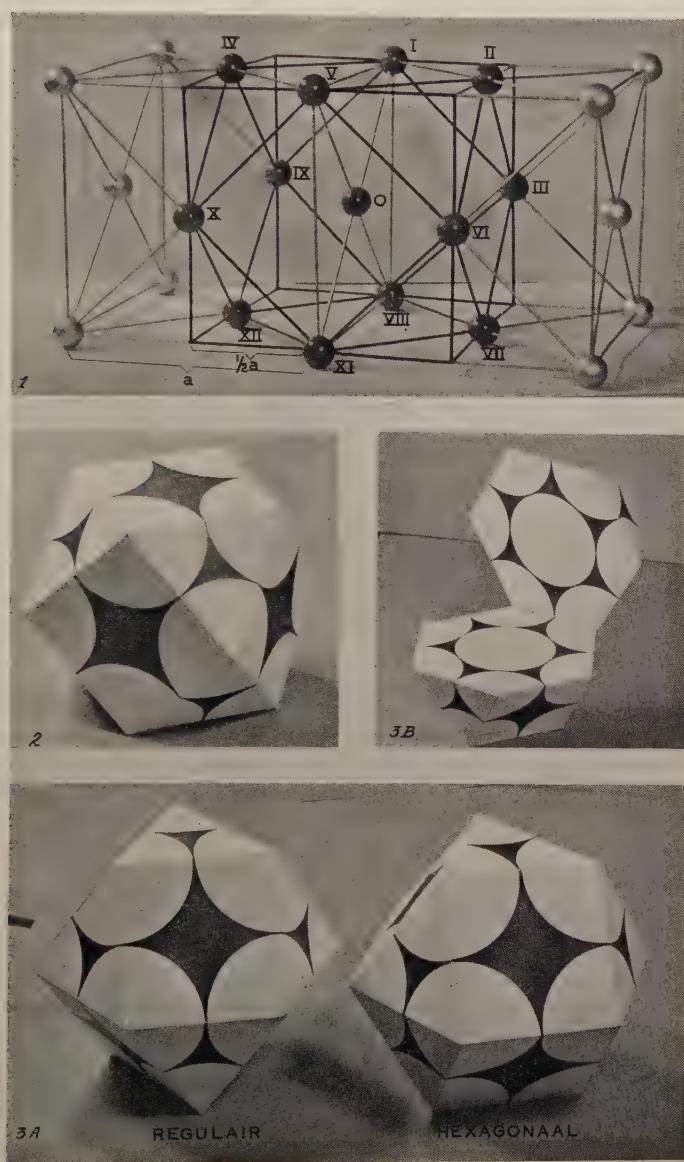


Fig. 1. Rangschikking van deeltjes volgens den cubus met gecenterde vlakken (hoog a , diep a , lang $2a$). De punten I t/m XII vormen met O een rangschikking der middelpunten van even grote bollen, volgens de regulaire dichtste bolstapeling.

Fig. 2. Regulaire dichtste bolstapeling afgesneden door de middelpunten der bollen 1 t/m XII van fig. 1, met een viertallige as loodrecht geplaatst.

Fig. 3A. Regulaire en hexagonale dichtste bolstapeling met drietallige as loodrecht geplaatst.

Fig. 3B. Opengelegd model der regulaire dichtste bolstapeling.

Polyëdrische pisoliëten zijn door R. R. SHROCK (1930) beschreven uit een zwerfsteen in N. Indiana. Hij merkt hierbij op, dat het aantal vlakken der polyëders 9 of minder tot 15 bedraagt, terwijl veelal 12 vlakken optreden. Deze vlakken zijn plat, convex of concaaf.

Hierbij kan worden opgemerkt, dat 12 vlakken moeten optreden, wanneer plastische bollen van dezelfde grootte in dichtste bolstapeling liggen en zij door alzijdigen druk gedeformeerd worden.

Een der bekendste vormen van presse-papiers bezit een bijzondere aantrekkelijkheid voor den kristallograaf, want in de eerste plaats vertoont hij de combinatie van hexaëder en octaëder „in evenwicht”, in de tweede plaats vormen de hoekpunten met het middelpunt een der afbeeldingen van het regulaire tralie van BRAVAIS met gecentreerde vlakken (fig. 1) en tenslotte vormen diezelfde punten de middelpunten van bollen in dichtste regulaire bolstapeling om een centralen bol (fig. 2).

Het verband tusschen de dichtste regulaire en hexagonale bolstapeling wordt op eenvoudige wijze gedemonstreerd, door den beschreven polyëder op een octaëdervlak te plaatsen (fig. 3 A en B). Wordt dan de bovenste helft 60° in een horizontaal vlak gedraaid, zoo ontstaat de hexagonale dichtste bolstapeling, waarbij $a:c = 1:1,633 (= 1:\frac{2}{3}a\sqrt{6})$.

Tot welke polyëders worden de bollen nu gedeformeerd, indien zij,

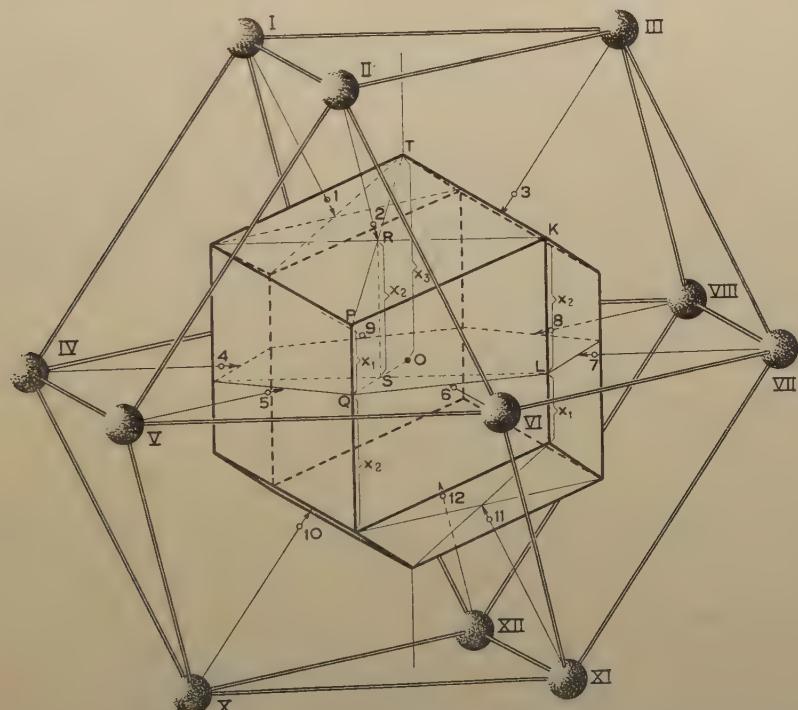


Fig. 5. Draadmodel der regulaire dichtste bolstapeling loodrecht op een drie-tallige as, met het door compactie gevormde rhombendodekaëder.

geheel plastisch verondersteld, aan compactie worden onderworpen, zoodanig, dat het poriënvolume geheel verdwijnt. Het is duidelijk, dat de centrale bol, die door 12 even groote bollen omringd is, in de regulaire dichtste bolstapeling in een dodekaëder verandert. De drukrichtingen staan in de richtingen der stralen, die de middelpunten der 12 omringende bollen met het middelpunt van den centralen bol verbinden. In de regulaire dichtste bolstapeling (fig. 4 en 5) worden deze richtingen aangegeven door:

$$\begin{array}{llll} [101], & [011], & [10\bar{1}], & [0\bar{1}1] \\ [110], & [1\bar{1}0], & [\bar{1}\bar{1}0], & [\bar{1}10] \\ [10\bar{1}], & [011], & [\bar{1}0\bar{1}], & [0\bar{1}1] \end{array}$$

Loodrecht op deze richtingen staan de twaalf vlakken van den polyëder, waarvan dus het symbool $\{101\}$ is, waarmede tevens bewezen is, dat de polyëder het *rhombendodekaëder* uit het regulaire stelsel is (afgekort R).

Het andere twaalfvlak is minder regelmatig (fig. 6). De hexagonale dichtste bolstapeling komt overeen met twee in elkaar geplaatste hexagonale tralies van BRAVAIS met een translatie $\frac{2}{3} a, \frac{1}{3} a, \frac{1}{2} c$ waarbij $a:c = 1:1,633$.

Het trigonale dodekaëder, dat door compactie van deze bolstapeling ontstaat, is een combinatie van een hexagonaal prisma met een trigonale bipyramide.

Van de 12 drukrichtingen liggen er 6 in een horizontaal vlak, met de indices:

$$[11\bar{2}0], \quad [\bar{1}2\bar{1}0], \quad [\bar{2}110], \quad [\bar{1}\bar{1}20], \quad [1\bar{2}10], \quad [2\bar{1}\bar{1}0].$$

De vlakken, die normaal op deze drukrichtingen staan bezitten het symbool $\{11\bar{2}0\}$ en vormen samen een hexagonaal prisma van de 2e soort.

De drie drukrichtingen van de bovenste helft naar het centrum hebben de indices:

$$[\text{hohl}], \quad [\bar{\text{h}}\text{hol}] \text{ en } [\text{o}\bar{\text{h}}\text{hl}],$$

de drie van de onderste helft:

$$[\text{hohl}], \quad [\bar{\text{h}}\text{hol}] \text{ en } [\text{o}\bar{\text{h}}\bar{\text{l}}].$$

De zesvlakken, die normaal op deze drukrichtingen staan, bezitten het symbool $\{\text{hohl}\}$ en vormen een trigonale bipyramide van de 1e soort.

Deze combinatie (afgekort T) van hexagonaal prisma van de 2e soort met trigonale bipyramide van de 1e soort treedt op in de ditrigonaaldipyramidale klasse.

De eenheid op de a, b en d-assen bedraagt y (fig. 6), die op de c-as. $\frac{1}{2} y \sqrt{6}$.

Uit fig. 7 volgt dat $OB = 2y$ of 2 eenheden op de horizontale as.
De notatie van een der 6 vlakken is dus volgens WEISS $2 : \infty : \bar{2} : 1$ en
het indexsymbool van BRAVAIS-MILLER is $\{10\bar{1}2\}$.

Het poriënvolume der dichtste bolstapelingen bedraagt 25,951 % van het totale volume van bollen plus poriën. Het wordt gevonden uit het verschil van de inhouden van een parallellopipedum en een bol:

$$\frac{\frac{1}{2} d^3 \sqrt{2} - \frac{1}{6} \pi d^3}{\frac{1}{2} d^3 \sqrt{2}} = 25,951\%$$

Bij volledige compactie der plastische bollen verdwijnt het poriënvolume en er blijft $\frac{74,049}{100}$ van het oorspronkelijke volume over.

Lineair bedraagt de compactie dus $x = \sqrt[3]{\frac{74,049}{100}} = 0,90472$.

Dit wil zeggen, dat wanneer de afstand der middelpunten der bollen oorspronkelijk 1 bedroeg, de afstand der middelpunten der polyëders, na

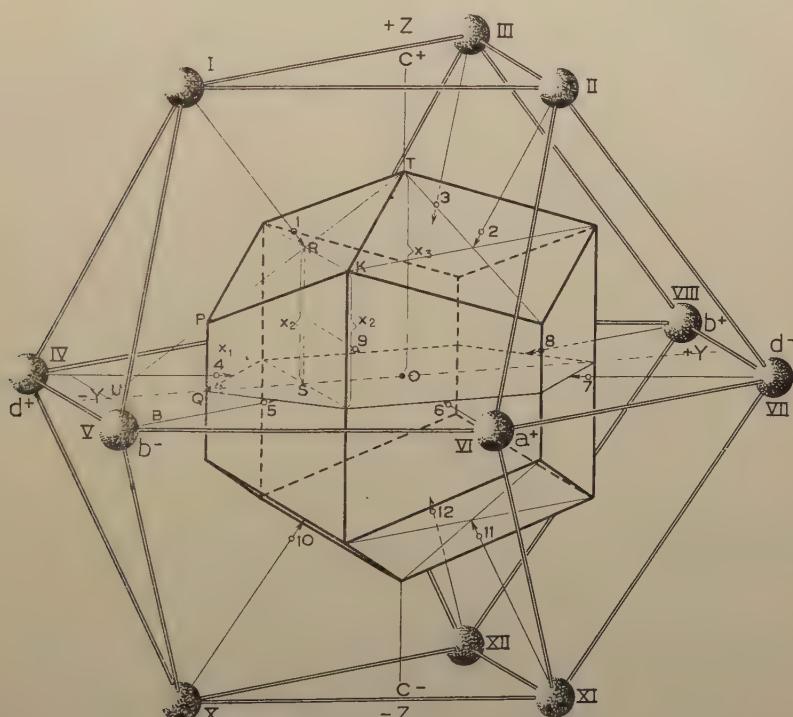


Fig. 6. Draadmodel der hexagonale dichtste bolstapeling loodrecht op de driehoogte as, met het door compactie gevormde trigonale dodekaëder, een combinatie van $\{11\bar{2}0\}$ en $\{10\bar{1}2\}$.

volledige compactie, 0,90472 geworden is. In fig. 7 is dus $y = 0,90472 r$.

In y uitgedrukt kan het volume van het rhombendodekaëder als volgt worden bepaald (fig. 4):

$$\begin{aligned} \text{Inh. rhombendodekaëder} &= \text{Inh. cubus} + 6 \times \text{Inh. Vierzijdige pyramide} \\ &= 2 \times \text{Inh. cubus}. \end{aligned}$$

y = halve diagonaal van een cubusvlak, dus is de zijde van den cubus $= y\sqrt{2}$ waaruit volgt: $\text{Inh. rhombendodekaëder} = 2 \times (y\sqrt{2})^3 = 4y^3\sqrt{2}$.

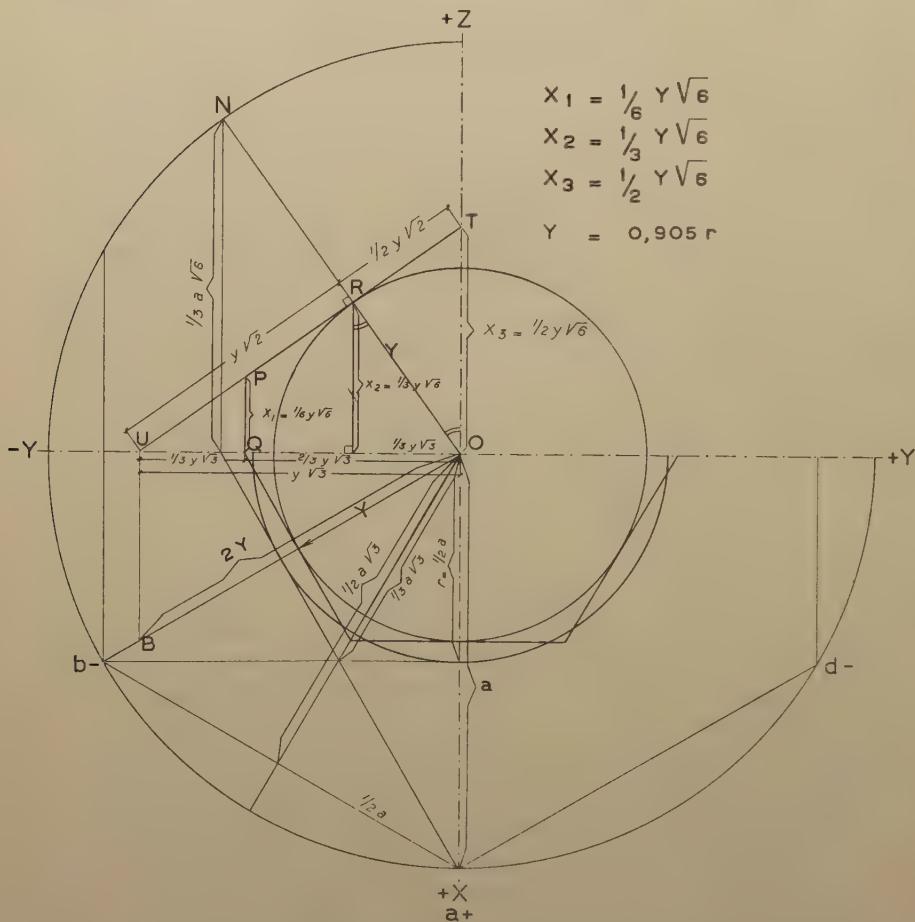


Fig. 7. Horizontale en verticale projectie voor de bepaling der grootheden van het trigonale dodekaëder.

Het volume van de combinatie T van $\{11\bar{2}0\}$ en $\{10\bar{1}2\}$ bestaat uit 12 maal den inhoud van het afgesneden driezijdig prisma OLQTKP (fig. 6). De voor deze berekening noodige grootheden zijn in fig. 7 geschreven.

De hoogtelijn van het middelpunt van den zeshoek, op de zijde neer-

gelaten, bedraagt y . De zijde van den zeshoek bedraagt dus $\frac{2}{3}y\sqrt{3}$. Het oppervlak van den driehoek bedraagt dus $\frac{1}{3}y^2\sqrt{3}$.

Voorts wordt gevonden:

$$x_1 = \frac{1}{6}y\sqrt{6}, x_2 = \frac{1}{3}y\sqrt{6}, x_3 = \frac{1}{2}\sqrt{6}.$$

Inh. dodekaëder

$T = 12 \times \text{Inh. afgesneden driezijdig prisma} =$

$$\begin{aligned} &= 12 \times \frac{1}{3} (x_1 + x_2 + x_3) \frac{1}{3} y^2 \sqrt{3} = \\ &= 12 \times \frac{1}{3} \left(\frac{1}{6} y \sqrt{6} + \frac{1}{3} y \sqrt{6} + \frac{1}{2} y \sqrt{6} \right) \frac{1}{3} y^2 \sqrt{3} = \\ &= 4 y^3 \sqrt{2}. \end{aligned}$$

Aangezien de beide dodekaëders denzelfden inhoud als de bol bezitten, moet

$$4 y^3 \sqrt{2} = 4,18879 r^3$$

waaruit wederom volgt:

$$y = 0,90472 r.$$

Met beide dodekaëders kan de ruimte volledig gevuld worden, dit volgt uit de wijze waarop zij hier zijn afgeleid.

Nu zijn er nog andere dichtste bolstapelingen mogelijk en de vraag dringt zich op, of hieruit door compactie andere dodekaëders zouden kunnen ontstaan. Dit komt mij voor niet het geval te zijn.

Het verschil tusschen de regulaire en hexagonale dichtste bolstapeling kan ook als volgt beschreven worden.

Alle horizontale lagen zijn in hun opbouw identiek; zij bestaan uit een dichtste rangschikking van even groote bollen met straal r in een plat vlak en worden gekarakteriseerd doordat elke bol door 6 bollen geraakt wordt, die elkaar onderling eveneens raken. De volgende laag kan echter op twee wijzen op of onder de eerste gestapeld worden, na een translatie over

$t = \frac{2}{3}r\sqrt{3}$. De hoek tusschen beide translatie-richtingen bedraagt 60°

(fig. 8). Indien de onderste en bovenste laag een translatie in de evenogenoemde verschillende richtingen hebben ondergaan, is de stapeling regulair; vond de translatie van deze lagen in dezelfde richting plaats, dan is de stapeling hexagonaal.

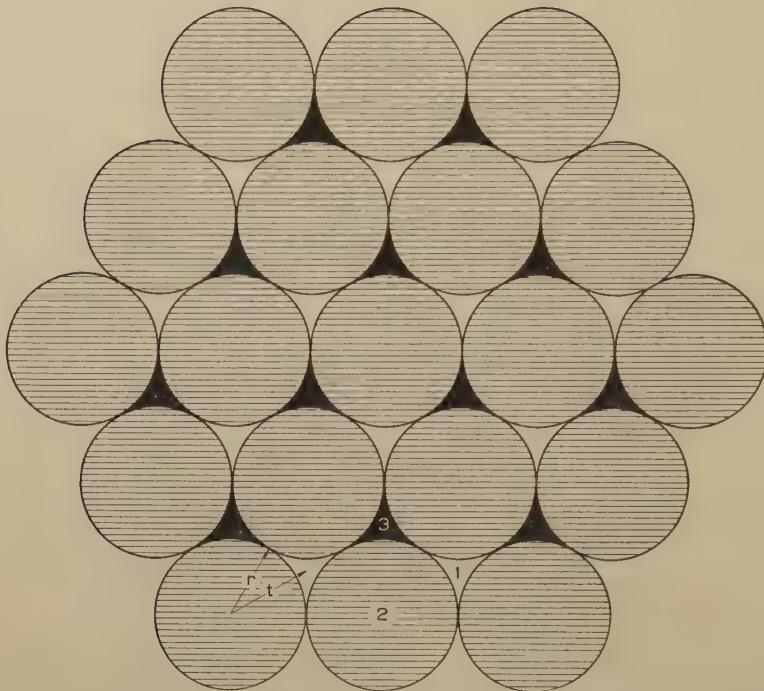


Fig. 8. Schematische voorstelling der dichtste bolstapelingen. Bij de regulaire liggen de middelpunten der onderste laag van bollen in de vakken 1, die der bovenste laag in de vakken 3. Bij de hexagonale liggen de middelpunten der onderste en bovenste lagen of beide in 1 of beide in 3. De middelpunten van de middelste laag liggen in 2; $t = \frac{2}{3} r \sqrt{3}$.

In het regulaire geval noemen wij de lagen 2, in het hexagonale geval
 3
 1 1 2
 2 of 3 of 3
 1 1 2

Naast regulair 2 is regulair 2 mogelijk:
 3 1
 1 3

naast hexagonaal 2 ook 1, naast 3 ook 1 en naast 3 ook 2
 1 2 1 3 2 3
 1 2 1 3 2 3

In verticalen zin kan een groot aantal lagen op vele wijzen gestapeld worden, manieren, die uit een combinatie der evengenoemde stapelingen van drie lagen worden afgeleid.

G. MENZER (1938, p. 391) noemt ze dichtste bolstapelingen van hogere orde. Als hoogste orde definieert hij een volkomen onregelmatige opeenvolging der drie lagen, terwijl talrijke combinaties mogelijk zijn, waarbij een of meer lagen als symmetrievlak optreden.

Eenige voorbeelden van gemengde stapelingen zijn:

		Met symmetrie		Onregelmatig
		1		3
		2 R		2 T
		3 T		3 R
		2 T		1 T
		3 T		3 R
		2 R		2 R
1	1	1 T		1 T
2 R	2 R	2 R		2 R
3 T	3 R	3 T		3 R
2 R	1 T	2 T		1 R
1 T	3 R	3 T		2 T
2 R	2 R	2 R		1 R
3 T	1 T	1 T		3 R
2 R	2 R	2 R		2 T
1 T	3 R	3 T		3 R
2 R	1 T	2 T		1 T
3 T	3 R	3 T		3 R
2 R	2 R	2 R		2 R
1	1	1		1

Het is duidelijk, dat R optreedt, wanneer een laag tusschen twee lagen met verschillend nummer ligt, en T, wanneer onder en boven een laag, lagen met hetzelfde nummer optreden. Er ontstaan dus hetzij regulaire rhombendodekaëders R hetzij trigonale combinaties T van {1120} en {1012}. Andere vormen zijn niet mogelijk.

E. 1 Nov. 1940.

Summary.

R. R. SHROCK has described a polyhedral pisolite and remarks, that the grains are often bound by 12 faces. The pisolite of Karlsbad (Bohemia) shows here and there indented spheres, which suggest, that they were formed in a colloidal state, and afterwards deformed by compaction. When the compaction goes so far as to annihilate the pore space between the spheres, the latter change into dodecahedrons; the cubic close packing giving the regular dodecahedron, the hexagonal close packing a trigonal

combination of the second order prism {1120} with the trigonal pyramid {1012}. The pore space of close packed spheres being 25.950 %, the remaining volume after complete compaction amounts to 74.049 % of the original content, and the compaction consequently shortens the linear dimensions to 0.90472 of the original ones. Both dodecahedrons fill the space completely and no other polyhedrons are possible by compaction of other imaginable close packings (of equal spheres) with or without planes of symmetry.

LITERATUUR.

B. G. ESCHER, Over een polyédrische pisoliet van Palimanan bij Cheribon. Proc. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, **43**, 1300 (1940).

A. LAQROIX, Sur la ktypéite, nouvelle forme de carbonate de calcium différente de la calcite et de l'aragonite. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Tome 126, pp. 602—605 (1898).

_____, Minéralogie de Madagascar, 1922. Tome I, pp. 288—290. Tome II, pp. 200—211.

G. MENZER, Zwillingsgesetze und regelmässige Verwachsungen der dichtesten Kugelpackungen. Zeitschr. f. Kristallographie, **99**, 378—409 (1938).

R. R. SHROCK, Polyhedral pisolites. American Journal of Science. Vth Series, **19**, 368—372 (1930).

Physiology. — *Problems of foetal respiration in the cow.* By J. ROOS and C. ROMIJN. (From the Laboratory for Veterinary Physiology of the State University, Utrecht.) (Communicated by Prof. G. KREDIET.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

Second Part.

I. *The oxygen- and the carbon dioxide content of maternal and foetal blood.*

An important point in the problem of foetal respiration is the volume of oxygen and carbon dioxide contained by the foetal blood before passing the placental vessels, and after having been ventilated there.

Such determinations have been carried out by various workers from which COHNSTEIN and ZUNTZ (1884) were the first, and using various experimental animals: the sheep, the goat and the cat. Also for the new born child, born either normally or delivered by Caesarian section, some figures have been given. Most of this work was discussed in an earlier paper (1938).

Attention was also paid to the considerable differences in oxygen saturation of arterial foetal blood, amounting to some hundreds p.c., which had been found by the different authors, whilst especially the low figures for oxygen saturation found in literature had been mentioned. The lowest degree of oxygen saturation found in literature was 17—18 p.c. STEELE and WINDLE (1939) found in the foetal cat a still lower oxygen content, ranging between 0.3 and 4.8 vol. p.c. for arterial blood. Their highest percentage of saturation remained below 45 p.c. In the greater part of their experiments it was below 18 p.c. and even figures below 3 p.c. saturation are given. In a recent paper BARCROFT, KENNEDY and MASON (1940) put attention to the same points. Their criticism is justified for the greater part. The review, given by them, shows that the highest values had been obtained by us in 1938. We had measured in the foetal arterial blood of the cow an oxygen saturation up to 90 p.c., 81 p.c. being the highest value found by others.

Besides this the relation between maximum and minimum, found by the same author in various experiments, by which relation the constancy of observation is expressed to a degree, varied considerably in some papers. Whereas in our work it was as 1.7 : 1, the ratio up to 5 : 1 was found in the work of others. Also the values found for the goat by BARCROFT, FLEXNER and McCLURKIN (1934), which work had not been mentioned by us in a previous paper, exhibited differences of more than 100 %, the maximum and minimum being 8.50 vol. p.c. and 3.93 vol. p.c. respectively.

Nevertheless our results had not satisfied us fully and new experiments in the cow seemed desirable for many reasons. In the first place because of technical difficulties, experienced in the experimental work. The foetus had been taken out of the uterus, its cord remaining in connection with the placenta. In this way the uterus had been brought under unphysiological conditions. It will also come to contraction and the state of the capillaries of maternal and foetal cotyledones may thus be altered materially. Furthermore it was an open question how the general blood pressure was affected by opening the abdomen and by exposure of the abdominal organs, the uterus especially, to the temperature of the room and to exsiccation. In his fine work on the goat and the sheep BARCROFT has conquered many of the difficulties by emerging the mother in a bath of saline, maintained at a temperature between 37° and 38° C. For the cow, which is a favourable experimenting animal in other respects, this method of working is not practicable. Another technique had to be searched therefore.

Technique.

The technique, used in the experiments which will be described here, was as follows. After the pregnant cow had been placed on its left side the abdominal wall was opened under local anaesthesia. As we had also done in earlier experiments this form of anaesthesia was preferred to other ones on account of the condition of the nervous system remaining unaffected in this way. The place of incision was chosen in correlation with the position of the foetus, determined by palpation; in most experiments the wound was made about parallel to the midline and about 10 cm higher, that is at the right side of it. It was kept as small as possible, long enough to permit the hand to pass in order to detect the position of the foetus. Then it was lengthened to about 20 cm. In all instances the great curvature of the gravide uterus horn was found to lie near the abdominal wound.

Abdominal wound and uterus were irrigated continually by a 0.9 p.c. salt solution of a temperature between 38° and 39° C. during all the experimenting time. The first sample of blood was withdrawn from a uterus vein, which could be traced through the peritoneum of the uterus. This was done without difficulties. In some experiments another sample was taken from a cotyledone vein which had been exposed at the base of a maternal cotyledone. Then uterus and amnion were opened at the great curvature by an incision between the cotyledones, 6—8 cm long which gave part of the amnion liquor occasion to escape. The further procedure was determined by the situation met. It was our intention to bring part of the umbilical cord at the level of the uterus opening in order to insert a canula. Sometimes however it was not possible to do so without enlarging the wound and bringing one of the foetal hindlegs, some-

times both, outside the uterus. If this was necessary, opening of the allantois could not be avoided. When the latter could be left undamaged the advantage was gained, that a considerable part of the uterus liquor remained inside. As is generally known, the volume of the amnion fluid is reduced gradually after the midst of gestation, whereas the allantois liquor increases and reaches a maximum (up to 10 liter) at the end of pregnancy. At this moment there is still about 4 liter of liquor contained by the amnion.

In some experiments a blood sample was taken from the foetal placenta vessels at the same time. We preferred to take a sample of blood from the umbilical cord because of this blood being mixed and being therefore less susceptible to local alterations in the placental circulation which could have their localisation in some cotyledones or even in a single one.

The insertion of a canula into a vessel of the umbilical cord can not have any undesired effect, since in the cow these vessels, arteries and veins, are paired, and their diameter is such that circulation is not impeded by this procedure in any way. Cooling as well as exsiccation of the cord were avoided by irrigation and a visible contraction of one of the umbilical vessels was never observed.

Further, maternal blood was drawn from the art. carotis and from the jugular vein. As a rule the samples of arterial blood were taken together from mother and foetus; the same was done with respect to the venous blood.

In one experiment (no. 32) in which the calf had been taken out of the uterus and brought under warm salt solution, the uterus remaining under continual irrigation, the results were less satisfactory. In an other one (no. 34) the abdomen was opened at nearly its highest point, viz. in the flank region. Then the uterus, after having been fixed by sutures to the margins of the abdominal wound, was opened. In this way the loss of fluid was restricted to a minimum. The umbilical cord was quickly brought into the wound and samples were taken. The results however were not so good as could have been expected.

An experience, repeatedly made, was that the first factor which was obviously decisive for the results in this work was the tempo of the experiment. The best results were obtained in those experiments which had been carried out with the most push. The time, elapsing between the moment of the opening of the abdomen and the sampling of the foetal blood, was in the good experiments never longer than 10 minutes, sometimes shorter than 5 minutes. Samples, taken 15 min. later intentionally, revealed a lower oxygen saturation. The experience demonstrates an experimental difficulty.

The blood was collected under paraffine oil and thoroughly mixed with either the anti-coagulant powder or the solution, in the manner described in the First Part of this paper (1940). The blood samples were kept in the refrigerator up to the moment of analysis, which was carried out

within an hour. The blood was analysed in VAN SLYKE's constant volume apparatus, using 2 cc of blood.

Results.

Eight animals were used for the experiments. In two of them arterial blood pressure was recorded during the experiment. The surprising result was obtained that the pressure was not altered in any way neither by opening the abdomen nor by manipulations in the uterus. An average pressure of 150 mm Hg was maintained.

Four experiments which beforehand we had thought to be the best on behalf of the fluent course of the operation (group A) will be reported here. Besides these the figures, measured in two other cases will be given in table 1 together with those, obtained in earlier experiments.

TABLE 1. Oxygen in the foetal blood of the cow.

Group	Number of animal	Age of foetus in months	O ₂ in vol. p.c.		O ₂ — Capacity	Saturation p.c.		Ratio umb. art. umb. vein
			umb. vein	umb. art.		umb. vein	umb. art.	
A	38	7	9.07	2.39	10.39	87.3	23	0.27
	36	8	6.76	3.66	10.82	62.5	33.8	0.54
	37	8	4.84	2.25	9.76	50.0	23.1	0.46
	39	8	7.85	4.28	13.10	60.0	32.6	0.54
	Average	—	7.13	3.15	11.02	65.0	28.1	0.43
	33	4	3.43	0.78	11.38	30.1	7	0.23
	34	7	5.19	1.05	9.50	54.6	11	0.20
B	1	7	8.92	2.41	12.15	73.4	19.7	0.27
	2	8	7.48	4.39	11.68	64.0	37.6	0.56
	3	8	6.20	3.46	11.49	54.6	30.4	0.56
	4	8	7.61	2.87	15.57	48.8	18.4	0.38
	5	8½	9.86	5.07	11.35	90.0	46.3	0.51
	Average	—	8.01	3.64	12.45	64.3	29.2	0.45
	Sheep 18—21 weeks (Barcroft)		10.5	5.8	16.6	63.3	34.9	0.55

The oxygen saturation, found in experiment 33, was so low that we do not rely on it, though the experimental work had proceeded well. In experiment 34 the uterus had not lost liquor, since it had been attached to the abdominal wall. Nevertheless the results did not satisfy.

Experiment 38 was performed in an animal with hydrallantois, a con-

dition in which an uncommon great volume of liquor is contained by the allantois membrane. The uterus was in a condition of inertia and it contracted only slightly after the foetus had been taken out of it after the experiment. The foetus was a little more slender than it is commonly but it was normally developed.

The oxygen saturation, observed in the experiments 36, 37 and 39, in which the foetus had the age of 8 months, agree rather well for the arterial as well as for the venous blood. On the whole the figures found for saturation are not higher than those observed in earlier work (group B). The degree of oxygen saturation, measured by BARCROFT, KENNEDY and MASON in the sheep at a corresponding stage of pregnancy, does not differ notably from ours, though their figures for oxygen content are somewhat higher. We found an average saturation of 65 p.c. for the arterial and of 28.1 p.c. for the venous umbilical blood, which values are 63.3 and 34.9 respectively in the sheep.

For foetus of the same age the ratio $\frac{\text{saturation venous blood}}{\text{saturation arterial blood}}$ given in the last column of the table is rather constant.

The figures for the carbon dioxide content are collected in table 2.

TABLE 2. Carbon dioxide content of the foetal blood in the cow.

Number of animal	Age of foetus in months	CO ₂ in vol. p.c.		Difference in vol. p.c.
		umb. vein	umb. art.	
38	7	52.78	55.82	3.04
36	8	49.48	51.48	2.00
37	8	41.81	46.44	4.63
39	8	44.72	46.18	1.46
33	4	58.43	60.37	1.94
34	7	52.76	57.07	4.31

Under the conditions of the experiment the oxygen saturation of the arterial blood of the mother varied from 81 p.c. to 93.9 p.c. in the eight animals. The saturation of the blood taken from the jugular vein may differ considerably. It ranged between 23 and 64.7 p.c., 2 observations remaining below 40 p.c. A higher degree of saturation was found in the blood taken from a uterus vein than in that drawn from a cotyledone vein of the same animal. These results are given in table 3.

Discussion.

How far may the values measured in the foetus be esteemed reliable as approximating physiological conditions?

TABLE 3. Oxygen saturation of maternal blood in the cow.

Number of animal	Oxygen saturation in p.c.			
	a. carotis	v. jugul.	v. uterin.	v. cotyledon
38	93.4	58.8	41.2	—
36	93.9	40.0	57.0	—
37	89.0	41.5	71.1	56.6
39	91.0	51.2	60.5	43.0

This question so far as the oxygen is concerned has also been discussed by BARCROFT, KENNEDY and MASON in their recent paper (1940), in which the authors reported experiments made under controlled conditions in the sheep during a great part of the period of pregnancy, covering from the 63rd to the 145th day. (The period of gestation for the sheep takes 21 weeks.)

Our experiments give only information for the two last months of gestation. The values, found in 3 foetus of 8 months, agree very well; they differ 25 p.c. maximally. The range for the venous blood is somewhat greater but also here the agreement is satisfactory. It even exceeds the degree of constancy found by BARCROFT et al. during the corresponding stage of pregnancy. Neither was there more agreement between their duplicated measurements in younger foetus, in which a higher degree of constancy was stated by the authors. In BARCROFT's experiments, which were made under almost ideal conditions, the blood samples were drawn without taking the foetus out of the uterus and without touching the umbilical vessels which, in the sheep, had been found to be very sensitive for mechanical insult.

A still more valuable standard to judge the value of an experiment is the degree of oxygen saturation found. For duplication of measurements does not exclude the possibility that successive experiments involve the same experimental error. We therefore considered always those experiments to have the greatest chance to be reliable, which gave the highest percentages of oxygen saturation, not only for the arterial blood but also for the venous, and stated already two years ago (1938) that in our experiments the foetal blood, venous as well as arterial, was saturated to a rather high degree. For this reason we gave in the last column of table 1 the ratio $\frac{\text{oxygen saturation in art. umb.}}{\text{oxygen saturation in v. umb.}}$. In the 8 months' foetus mentioned under group A this ratio is rather high and fairly constant. Taking also into consideration the experiments of the B-group we have two observations in foetus 7 months old, in which not only the figures for oxygen saturation are rather high and agree in a satisfactory way,

but moreover both ratio's given in the last column, agree rather fairly. For both it is 0.27.

Although we think it justified to consider the figures given here approximating physiological values we remain fully aware of the difficulties in this field of work.

It seems that oxygen saturation of the arterial foetal blood decreases in the 8th month of pregnancy. BARCROFT found the same in the sheep for the last three weeks of intra-uterine life. In the venous umbilical blood however we found a lower saturation in the foetus of 7 months than in those one month older.

A question which still has to be considered, is this. Is it reasonable to assume that the umbilical blood, which is oxygenised in the placenta, will be saturated there to the same percentage, when all foetal conditions as age, weight, position, structure of the placental vessels, foetal oxygen dissociation curve are the same, and supposing that the venous foetal blood arrives in the placenta in completely the same state in all instances? Especially for the ox the question has to be answered in the negative, because of the wide dimensions of the field within which the maternal oxygen d.c.s have their position. If the maternal blood is oxygenised in the lungs to a distinct percentage of 93 p.c. for instance, its oxygen pressure, may vary between 56 and 76 mm Hg. It must therefore be concluded that arterialisation of the foetal blood will distinctly experience the consequences of this wide range, and the degree of oxygen saturation of the foetal blood will thereby show variations due to this circumstance. This is another reason for which we deem duplicated measurements though useful of relative value.

II. *The tensions of the blood gases.*

Since the oxygen dissociation curves had been determined for both maternal and foetal blood (see First Part (1940)) the partial oxygen pressures on either side of the placenta can be found by interpolating in these curves the percentages of the oxygen saturation measured. The carbon dioxide pressures may be determined in an analogous way, starting from the carbon dioxide dissociation curves. The figures thus obtained are given in table 4.

In Fig. 1 a scheme is given for the relations established for animal 39, at a gestation of 8 months. Two sets of figures are given for the maternal venous blood, for blood taken from a uterus vein and from a cotyledon vein respectively. The figures for the latter have been placed between brackets.

The scheme given here would also fit the experiments 36 and 37. The foetal aerated blood which leaves the placenta through the umbilical veins has a carbon dioxide pressure, still higher than that in the venous maternal blood, whilst the latter is still able to give off oxygen to the foetal aerated blood because of its oxygen pressure being considerably

TABLE 4. Oxygen and carbon dioxide pressure in maternal and foetal blood.

Number of animal	Age of foetus in months	Blood taken from	Oxygen		Carbon dioxide	
			saturation in p.c.	pressure in mm Hg.	volume p.c.	pressure in mm Hg.
38	7	a. carot.	93.4	83	44.67	26
		v. uterin.	41.2	29	47.94	37
		v. umbil.	87.3	34	52.78	51
		a. umbil.	23.0	14	55.82	60
36	8	a. carot.	93.9	67½	46.57	38
		v. uterin.	57.0	36½	47.11	40
		v. umbil.	62.5	23	49.48	41½
		a. umbil.	33.8	14	51.48	44
37	8	a. carot.	89.0	58½	51.92	32
		v. uterin.	71.1	39	55.42	42
		v. umbil.	50.0	25½	41.81	56
		a. umbil.	23.1	15½	46.44	68
39	8	a. carot.	91.0	70	42.39	38
		v. uterin.	60.5	38	47.56	55
		v. cotyl.	43.0	31	49.60	62
		v. umbil.	60.0	24	44.72	70
		a. umbil.	32.6	18½	46.18	73½

higher. So the gas exchange may proceed all during the time that foetal blood passes along the maternal through the placental capillaries. As is well known both capillary systems are separated in the cow by two layers of epithelial cells, from which the maternal is perforated only at the top of the crypt; here the connective tissue comes in contact with the tropho-

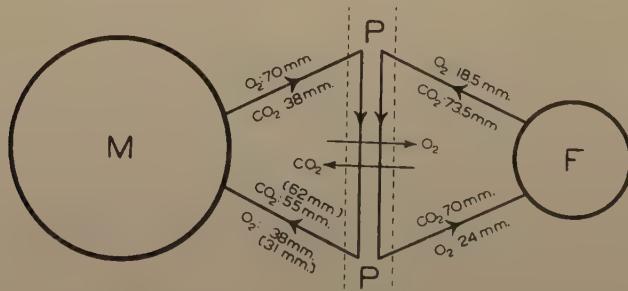


Fig. 1. Gas tensions in the maternal (M) and the foetal blood (F).
Age of the foetus 8 months. P = placenta.

blast. So there is not a true placenta but a pseudo-placenta, called placenta syndesmochorale. A thin layer of uterine milk is found between both epithelial layers.

If the direction in which the blood passes through the foetal capillary vessels should be contrary to that drawn in Fig. 1 the conditions for a continual gas exchange would not be less favourable. Both directions would fit in the scheme and the simplest relation was chosen therefore.

In experiment 38, however, the situation is a different one. Here the conditions, favourable for a good change of gases between maternal and foetal blood are available only then, if the arrangement of the capillary circulation is otherwise.

If we assume that maternal and foetal circulation in the placentae are thus arranged, that foetal ventilation goes on as long as maternal and foetal blood pass each other, we are brought to the scheme of Fig. 2. An other relation is not compatible with the oxygen pressures determined.

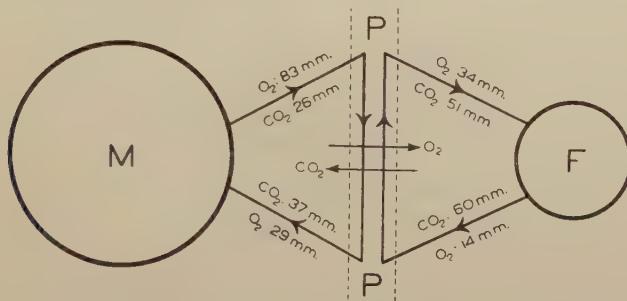


Fig. 2. Gas tensions in the maternal (*M*) and the foetal blood (*F*) in experiment 38. Age of the foetus 7 months. *P* = placenta.

This conclusion is of such importance that it forces us another time to consider critically the figures, from which it is derived. Obviously the direction of the arrows has become imperative by the relative high oxygen pressure in the umbilical veins, which is materially higher than in all other experiments. The figures, found for the carbon dioxide, do not have any preference as to the direction of the arrows.

What may be the reason for this high oxygen pressure? The arterial foetal blood was saturated to a high degree, viz. 87.3 p.c. Probably the state of hydrallantois of the mother was favourable, since there had been little or no tendency to contraction here.

There is still another point of importance for the degree of foetal oxygen saturation: the high oxygen pressure in the arterial maternal blood. It was exceptionally high (84 mm) and surpassed the figures found in all other experiments, which showed an average of 60 mm. This fact finds its origin in two circumstances. Firstly maternal arterial blood was saturated to a rather high degree, 93.4 p.c. In the ox, and the same is probably the case in other animals who do not have a well trained

pulmonary ventilation, a lower degree of saturation is commonly found. Experience showed us that it fluctuates between 80 p.c. and 94 p.c., provided the animal is in lying position, as in the experiments described. When the animal is on its feet other results are obtained. Secondly in consequence of the shape of the oxygen dissociation curve, which has been given in Fig. 10 (o) of the First Part, a high pressure is exerted by the oxygen in the region of high saturation. If for instance the same degree of saturation had been found in experiment 36 (Fig. 11) (Δ) First Part, the oxygen pressure of maternal blood would have been no more than 65 mm, whereas in the experiment in question a pressure of 84 mm is exerted. So it is conceivable that by the high maternal oxygen pressure foetal oxygenation is performed to a high degree.

On the ground of this experiment one is inclined to correct the direction of the arrows, given in Fig. 1 and to presume that in the cow the arrangement of maternal and foetal capillaries in the placentae is thus, that blood circulation occurs as shown by Fig. 2. It remains reserved to further work, to settle this problem. Here we have only to refer the reader to the anatomical work by MOSSMAN (1926) who, by pure anatomical examination, came to the conclusion that in the rabbit placental capillaries are arranged in the manner indicated by the scheme of Fig. 2, so that in the foetal capillaries of the placenta the blood passes in the opposite direction as in the adjacent maternal. According to MOSSMAN, TAFANI would have found before him the same relation in the placenta of the cat. To our regret TAFANI's paper was not obtainable for us.

Summary of the First Part (1940) and Second Part of this paper.

Various points of foetal respiration have been examined in the cow. The results are as follows.

(1) During the period of pregnancy the maternal oxygen dissociation curve becomes steeper, and starting from the 4th month its inflection increases. The curve does not leave the field determined for normal non-pregnant cows; its lower most inflected part only may fall outside of it.

These changes are not produced by changes in reserve alkali.

(2) In these respects the curves differ from those determined for the goat and for man.

(3) As a rule the reserve alkali of the pregnant animal does not fall below the level of normal non-pregnant animals.

(4) The foetal oxygen dissociation curve differs from the maternal by both position and shape. It is found to the left of the maternal and to the left of the area, established for normal non-pregnant cows.

(5) The gap between maternal and foetal curve, though brought about without a displacement of the maternal curve, is a considerable one so that a notable difference in oxygen avidity between maternal and foetal blood is expressed by it.

(6) Foetal and maternal carbon dioxide curves have been determined and discussed. The dislocation of the foetal oxygen dissociation curve is counteracted by a fall of alkali reserve in the foetal blood during the last months of foetal life.

(7) The foetus has a haemoglobin with other properties than the maternal.

(8) A fairly constant oxygen saturation of the blood in the umbilical vessels was found in foetus, 7 and 8 months old. It varied between 50 and 87 p.c. for the arterial blood and between 23 and 32 p.c. for the venous. The content of carbon dioxide was also determined. At the same time corresponding measurements have been carried out for the maternal arterial and venous blood in the placenta. The reserve alkali in both mother and foetus has been discussed.

(9) The tension of the gases in both maternal and foetal blood was determined by interpolating the figures for oxygen saturation and carbon dioxide content in the respective dissociation curves. So it was made probable that the arrangement of the capillaries in maternal and foetal placenta is thus that the blood which passes on either side in order to change gases and other materials goes in directions, opposite to each other.

REFERENCES.

BARCROFT, J., KENNEDY, J. A. and MASON, M. F., *J. Physiol.* **97**, 347 (1940).
 COHNSTEIN, J. and ZUNTZ, N., *Pflüger's Arch.* **34**, 173 (1884).
 MOSSMAN, H. W., *The Am. J. Anat.* **37**, 433 (1926).
 ROOS, J. and ROMIJN, C., *Proc. Ned. Akad. Wet., Amsterdam*, **43** (1940).
 STEELE, A. G. and WINDLE, W. F., *J. Physiol.* **94**, 531 (1939).
 TAFANI, *La circulation dans la placente de quelques mammifères*. Vide MOSSMAN.

Psychology. — Die menschlichen Kommunikationsformen und die sog. Tiersprache. II¹⁾. Von G. RÉVÉSZ. (Communicated by Prof. A. DE KLEYN.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

II. *Die sog. Tiersprache.*

4. *Das hypostasierte Wortverständnis der Tiere.*

Die Ansicht, nach der gewisse Tiere imstande wären unsere Sprache zu verstehen, findet ihre Stütze in der Erfahrung, dass gewisse Tiere wie Hunde, Katzen, ferner in der menschlichen Gesellschaft erzogene Affen auf eine Anzahl an sie gerichteter Worte im Sinne der Dressur oder Gewöhnung eindeutig reagieren. Hunde führen die Befehle ihrer Herren aus, Bücher, Stöcke, Zeitungen heranzuholen, die Stube zu verlassen. Auch Affen reagieren richtig auf Befehle wie „Iss!“, „Herunter!“, „Komm herein!“, „Oeffne die Tür!“, selbst unter sorgfältiger Vermeidung der Armbewegungen und des Mienenspiels. Man begeht aber einen Irrtum, wenn man aus dem Umstand, dass Tiere auf bestimmte phonetisch differentierte Lautgebilde (Dressurworte) im Sinne der Dressur reagieren, schliesst, dass sie die Sprache *verstehen*, d.h. die *Bedeutung* der Worte begreifen. Gerade darauf kommt es aber an: nur unter dieser Bedingung darf den Tieren rechtmässig Sprach- oder Wortverständnis zugesprochen werden.

Wir können ohne Einschränkung den Satz aufstellen, dass *kein Tier unsere Sprache versteht*. Die Worte, die sie angeblich begreifen, sind für sie nichts weiter als einfache Lauteindrücke, die infolge individueller Erfahrung oder Dressur mit gewissen Handlungen oder Unterlassungen assoziiert sind. Das Lautwort beim Tier gewinnt niemals eine bezeichnende, benennende oder symbolische Bedeutung; es stellt nur einen wirksamen Reiz dar, genauso wie ein beliebiger anderer Eindruck (Farbe, Figur, Geruch, Geräusch), insofern dieser mit einer bestimmten Verhaltungsweise assoziativ verknüpft ist.

Tierpsychologische Versuche weisen unzweideutig darauf hin, dass das Tier zwischen Laut und Gegenstand (bezw. Tätigkeit) keine sinnvolle Verbindung zu stiften vermag; für das Tier ist der Laut ein Nebeneindruck, der den Befehl begleitet und es zu einer bestimmten Reaktion veranlasst. Das Pferd weiss nicht, was das Wort „Galopp“ bedeutet, und doch reagiert

¹⁾ Teil I über die menschlichen Kommunikationsformen siehe Proc. Ned. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, 43, 1078 (1940).

es darauf richtig. Dass hierbei nicht das *Wort*, sondern ausschliesslich der *Laut* bestimmend ist, lässt sich daraus entnehmen, dass der Lautkomplex „Galopp“ nur unter bestimmten Umständen (z.B. in der Manege unter dem Kommando des Reitlehrers) und nur bei bestimmter Betonung die erforderliche Reaktion auslöst. Nicht das Wort als sprachliches Element, sondern der phonematische Charakter und der Tonfall des Dressurwortes sind für die Reaktion massgebend. Dasselbe zeigt sich bei einem Hund, der dressiert ist auf die in der folgenden Betonung ausgesprochenen Wortlaute: „Gēh sōfōrt hīnāus!“, das Zimmer zu verlassen. Er wird den Befehl im Falle einer deutlichen Änderung des Tonfalles, der Betonung, der Klangfarbe, der Reihenfolge der Wörter nicht ausführen, obwohl die Sinnbezogenheit der Dressurworte unverändert blieb. Demgegenüber wird der Hund auch dann der Dressur entsprechend reagieren, wenn das letzte Wort wegfällt, selbst dann, wenn der erste Wortlaut einer akustisch zwar unbedeutenden, sprachlich jedoch entscheidenden Veränderung erleidet, z.B. wenn statt gēh, gēp oder gēl gerufen wird. Die Unterlassung der Reaktion erklärt sich dadurch, dass der dressierte Hund die Änderung des phonetischen Gepräges am Klangbild beachtet, die Reaktion dagegen dadurch, dass er die Veränderung eben ausser Acht lässt. Daraus folgt, dass weder die eine noch die andere Verhaltungsweise im Sinne eines Wort- bzw. Sprachverständnisses zu deuten ist.

Diese Verhaltungsweise des Hundes gegenüber zugerufenen Wörtern wurde durch BUYTENDIJK und FISCHEL experimentell erforscht¹⁾. Sie konnten zeigen, dass wenn z.B. das Dressurwort „Spring!“ durch solche Wörter vertreten wird, die die ersten Lautbestandteile (s, p und r) in der ursprünglichen Stelle und Reihenfolge (spr-) enthält, der Hund in der überwiegenden Anzahl der Fällen der Dressur entsprechend reagieren wird, weitgehend unabhängig davon, wie sich die letzten Lautbestandteile (ing) verändern. Findet indessen in den Anfangslauten eine Veränderung statt, so bleibt die Reaktion aus.

Durch diese Versuchsergebnisse ist m.E. bewiesen, dass der Hund die Wörter nicht nach ihrem *Sinn*, sondern nur nach ihrem sinnlich-akustischen Charakter zu erkennen vermag. Es ist evident, dass das *Wort* „spring“ sprachlich nicht durch die *Laute* „spr“ bestimmt ist, sonst wäre es nicht möglich spring von spr-ich oder von spr-itzy zu unterscheiden. Die unentschiedene Stellungsnahme BUYTENDIJKS inbezug auf diese Frage ist nicht recht verständlich, zumal gerade seine Versuche zeigen, dass das Tier in seinen Reaktionen nur durch die akustische Gestalt des Dressurwortes²⁾, nicht aber durch den semantischen Wert des Sprachwortes bestimmt ist.

Nicht viel anders steht es mit dem von den KELLOGG's dressierten

¹⁾ F. J. J. BUYTENDIJK, Wege zum Verständnis der Tiere. 1940.

²⁾ Die Gleichheit des sinnlichen Ähnlichkeitseindrucks beim Mensch und Tier ist in besonders überzeugender Weise durch die Affenversuche von H. KLÜVER erwiesen. (Behavior Mechanisms in Monkey. The Univ. of Chicago Press).

Schimpanse weibchen, das angeblich nach einer Lernzeit von etwa 9 Monaten eine ziemlich grosse Anzahl von Worten „verstand“¹⁾. Das Tier soll auf die ihr zugerufenen Worte unabhängig von begleitenden Gebärden richtig reagiert haben. (Für den völligen Ausschluss der Bewegung fehlen allerdings die Belege). Wir unterschätzen keineswegs die Leistungen dieses Versuchstieres und am wenigsten die Geduld der Experimentatoren, wenn wir diesen Dressurleistungen im Bezug auf das Wortverständnis nicht die geringste Beweiskraft zusprechen. Es kommt nicht auf die Anzahl der eingeprägten Dressurworte an. Dass die Schimpanzin die Worte als solche verstanden hätte, ist von den KELLOGGS nicht bewiesen worden. Sie drücken sich selbst sehr vorsichtig aus, wenn sie sagen, dass „we cannot tell in a strict usage of the term whether the subjects introspectively comprehend what is said to them or not. All we can do is to observe whether they are able to react distinctively and individually to separate words and phrases. This, then, must serve as our criterion of „comprehension“ which is employed in these pages only in this more objective sense“ (p. 289).

Unabhängig von diesen am empirischen Material vollzogenen Überlegungen folgt die Unmöglichkeit des Wortverständnisses bei Tieren schon aus der Erkenntnis, dass das Sprach- und Wortverständnis eine Manifestation der *Sprachfunktion* ist, die die Sprachtätigkeit in sich schliesst. Man müsste also erwarten, dass ein Tier, das Worte versteht, auch Worte als solche aktiv hervorzubringen vermag, insofern sein lautmotorischer Apparat es gestattet. Das ist aber — wie wir unten sehen werden — nicht der Fall.

Wollte man gegen diese letzte Bemerkung die Tatsache anführen, dass kleine Kinder schon *vor* der Sprachtätigkeit Worte und Sätze begreifen, so ist darauf zu entgegnen, dass bei Menschen die Sprachfunktion in ihren beiden Aeusserungsformen bereits in der vorsprachlichen Periode als Disposition unzweifelhaft vorhanden ist und der Sprachakt nur infolge des noch unentwickelten Sprachmechanismus und der gehemmten Spontaneität des Kindes nicht in Wirkung tritt. Wir können noch hinzufügen, dass der Zeitpunkt bezüglich des Auftretens des Sprachverständnisses und der Sprachtätigkeit in der Regel nur wenig auseinander fallen. Meistens spricht das Kind schon einige Worte, wenn das Sprachverständnis in deutlicher Form in Erscheinung tritt²⁾.

5. Die vermeintliche imitative Sprachtätigkeit der Tiere.

Nach diesen Ausführungen scheint es überflüssig zu sein auf die Frage einzugehen, ob Tiere befähigt sind, sich die menschliche Sprache anzueignen. Abgesehen von den Tierfabeln und Mythen wird nirgends

1) W. N. & L. A. KELLOGG, *The Ape and the Child*. 1933.

2) *Handbook of Child Psychology*, ed. K. Murchison (1931); A. FEYEOUX, *L'acquisition du langage et ses retard*; W. STERN, *Psychologie der frühen Kindheit* (1930); R. RASMUSSEN, *Die Entw. eines Mädchens* (1934).

behauptet, dass Tiere imstande wären, sich in menschlicher Sprache auszudrücken. Man könnte demnach ruhig verzichten, die Sprachfähigkeit der Tiere zu diskutieren, wenn nicht immer wieder berichtet würde, dass es endlich gelungen ist, hochorganisierten Tieren das „Aussprechen“ einiger Wörter beizubringen und zwar in der Weise, dass sie die Wörter angeblich in ihrer Bedeutung erfassten. Obgleich das imitative Nachsprechen von Wortlauten noch keine Sprachfähigkeit darstellt, könnte man in diesen Leistungen wenigstens die artikulatorische Möglichkeit des Sprechens bewiesen sehen. Nicht einmal diese Behauptung trifft zu. Denn wenn man die Berichte nebst der akustischen Analyse der phonographisch aufgenommenen Laute von sog. sprechenden Hunden und Affen untersucht, so stellt sich heraus, dass Tiere ganze Wörter richtig nachzuahmen nicht im stande sind. Mängel der Artikulationsorgane können daran nicht Schuld sein, da die Einzellaute zuweilen richtig ausfallen.

Wenn trotz alledem immer wieder versucht wird, Affen einige Wörter beizubringen, so weist das deutlich darauf hin, dass die Experimentatoren sich weder über das Wesen der Sprache noch über das Zustandekommen und die Bedeutung der Nachahmung lautlicher Gebilde Rechenschaft gegeben haben¹⁾. Sie haben sich nicht einmal darüber eine richtige Vorstellung gebildet, dass durch blosse Nachahmung überhaupt keine Sprache zu erlernen ist, worauf die laut-imitierenden Vögel deutlich hinweisen. Das Kind würde sich die Muttersprache niemals aneignen, wenn es sich ausschliesslich auf die Nachahmung der Sprachlaute seiner Umgebung beschränken würde. Würde das Spracherlernen des Kindes nur auf Nachahmung beruhen, dann wäre es nicht zu verstehen, wie das Kind spontan Sätze und Wortverbindungen bildet, gelegentlich sogar eigene Sprachschöpfungen hervorbringt, die es dann konsequent anwendet. Der eventuell vorzubringende Einwand, dass das taubstumme Kind die Lautsprache imitativ erlernt, lässt sich mit dem Hinweis entkräften, dass sich der Taubstumme nicht die Sprache als solche, sondern nur eine besondere Art der Sprachfähigkeit aneignet. Der Taubstumme spricht doch die Gebärdensprache, bevor er zum Artikulationsunterricht übergeht.

Die Frage betreffs der Gebäuden lässt sich kurz beantworten. Kein Tier führt Gebärden aus. Ich habe Gelegenheit gehabt verschiedene Tiere lange Zeit hindurch zu beobachten, ausserdem liess ich eine grosse Anzahl von niederen und menschähnlichen Affen durch meine Schüler wochenlang beobachten. Es ist nicht gelungen auch nur ein einziges Mal eine solche Bewegung zu sehen, die als Gebärde gelten konnte. Das lässt sich auch nicht anders erwarten, wenn man bedenkt, dass die Ausführung von

¹⁾ Nachdem es H. FURNESS (*Observations on the mentality of the Chimpanzee and Orang-Outans*, Proc. Am. Phil. Soc. Philadelphia 1916) gelang, nach 6 Monaten einem Orang das Wort „Papa“ beizubringen, sagt er: „I think this showed conclusively that there was a glimmering idea of the connection of the word with the object and with her desire.“ Mit dem Wort „cup“ hat er kein Resultat erreicht. — Auch KELLOGG's kamen mit ihrem Schimpansen nicht weiter als bis zur „Vokalisierung“ von pa-pa.

Gebärden die Sprachfunktion bereits voraussetzt¹⁾. Entwicklungs geschichtlich kommt dies darin zum Ausdruck, dass die erste Form der Gebärden, nämlich das Weisen auf etwas, beim Kind erst in der ersten Periode der sprachlichen Entwicklung auftritt, wenn nämlich das Wortverständnis und die Sprachfähigkeit bereits in Aktion getreten sind²⁾. Be trachtet man die weisende Gebärde als Ausdruck der Sprachfunktion, dann braucht nicht einmal die Möglichkeit einer nachahmenden, bezw. autochthonen Gebärdensprache bei Tieren diskutiert zu werden³⁾.

6. Die Frage nach der autochthonen Tiersprache.

Wenn wir unsere tierpsychologischen Erfahrungen von der Definition der Sprache aus betrachten, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass Tiere nicht über solche Kommunikationsformen verfügen, die unserer Sprache gleichen. Andererseits wird gelegentlich, sogar von anerkannten Forschern, die Existenz spezifischer „Tiersprachen“ behauptet. Dabei wird in erster Linie auf Aeusserungen, Bewegungen, Laute, Haltungen hingewiesen, die bei gewissen Insekten, Vögeln und Säugetieren, bei ständigen und periodischen Vergesellschaftungen die gemeinsame Arbeit, die Hilfeleistung, den sexuellen Verkehr, die Wanderung u.s.w. kollektiv bestimmen. In diesem Sinne spricht man von den eigenen „Sprachen“ der Bienen, Ameisen, Pferde, Hunde, Affen.

Die Richtigkeit aller dieser Beobachtungen voraussetzend, stellen wir die Frage, ob die Tatsachen der tierischen Kommunikation die Annahme spezifischer Tiersprachen rechtfertigen. Das ist umso mehr nötig, da die Anwendung des Begriffes der Sprache die Vermutung nahelegt, dass man zwischen den Kommunikationsformen der Tiere und der menschlichen Sprache eine nahe Beziehung, gar eine innere Verwandtschaft zu statuieren geneigt ist. Diese Meinung tritt nicht einmal so selten — ausdrücklich oder verdeckt — in der tierpsychologischen Literatur zum Vorschein.

Ausgehend von den vorangehenden Ausführungen über die Sprache, dürfen wir unter dem Begriff der Sprache nur dann tierische Kommunikationen bringen, wenn sie nachweisbar konstituierende Merkmale der menschlichen Sprache oder deren Derivate aufweisen. Nur in diesem

¹⁾ G. RÉVÉSZ, *La fonction sociologique de la main humaine et de la main animale*. Journal de Psychologie, p. 46 (1938).

²⁾ G. RÉVÉSZ, *Het probleem van den oorsprong der taal*. Nederl. Tijdschr. v. Psychologie, 8 (1940); R. VUYK, *Wijzen en spreken in de ontwikkeling van het kleine kind*. Ned. Tijdschr. v. Wijsbegeerte en Psychologie, 33 (1940).

³⁾ Es ist ein Irrtum zu glauben, dass die hinweisende Bewegung sich allmählich aus der Greifbewegung entfaltet hätte. Diese allmähliche, fortschreitende Entwicklung zeigt sich nur bei Menschen, bei denen die erforderlichen geistigen Vorbedingungen eben erfüllt sind. (Siehe dazu E. CASSIRER: *Philosophie der symbolischen Formen*, S. 126). Nicht die Greifbewegungen entwickeln sich zu hinweisenden Gebärden, sondern der Mensch entwickelt sich und modifiziert die ursprüngliche Greifbewegung zu Kommunikationszwecken.

Falle sind wir berechtigt von einer Art der „Sprache“ überhaupt zu reden. Dementsprechend wird man von einer autochthonen „Sprache“ der Tiere nur dann reden können, wenn eine Tierart über ein solches Laut- oder Bewegungssystem verfügt, welches mit einer der menschlichen Spracharten *Uebereinstimmungen von prinzipieller Art* zeigt. Wenn es also bei einer Tierart gelingen würde festzustellen, dass sie zum Zwecke der Kommunikation mit ihren Artgenossen ein *System* von Lauten und Bewegungen verwendet, wo z.B. jeden Laut bzw. Lautkomplex oder jeder Bewegung bzw. jedem Bewegungskomplex ein bestimmter Sinn zugeordnet ist, oder wenn es sich zeigen liesse, dass sie zum Zwecke der Mitteilung über ein wohlgeordnetes Zeichensystem verfügt, dann hätten wir das Recht von einer *autochthonen Tiersprache* zu reden und diese zu der menschlichen Sprache in Analogie zu bringen. Man dürfte zwar auch in diesem Falle nicht behaupten, dass das Tier im eigentlichen Sinne *spricht*, denn diese tierische Mitteilungsform würde sicherlich eine Anzahl der wesentlichen Merkmale der menschlichen Sprache entbehren, sie würde immerhin mit der menschlichen Sprache das gemein haben, dass sie aus einer bestimmten Anzahl von konstanten und sich auf bestimmte innere und äussere Ereignisse beziehenden *Zeichen* bestünde, die dem Zwecke der *Mitteilung* dienen. Liege ein solcher Fall vor, dann könnte man per analogiam von Tiersprachen sprechen, z.B. von einer *autochthonen Sprache* der Schimpansen, Gibbons, Hunde, Katzen u.s.w.

Untersucht man indessen die sogenannten Tiersprachen einerseits bezüglich ihrer Funktionen, innerer Struktur und äusserer Gestalt, andererseits bezüglich ihres Entstehens, so kommen wir unzweifelhaft zu negativem Resultat.

Bei der Begründung unserer Anschauung wollen wir uns auf die tierischen Lautäußerungen beschränken, erstens weil „Gebärdensprache“ bei Tieren niemals vorkommt, zweitens weil die Stimmlaute der Tiere sowohl der natürlichen Beobachtung wie der physikalischen Registrierung zugänglich sind.

Betreffs der *Funktionen* lässt sich mit Sicherheit sagen, dass die Tierlaute keine darstellende Funktion haben, es fehlt also gerade jene Funktion, die nach BÜHLER mit Recht als das wesentliche Kriterium der menschlichen Sprache angesehen werden muss. Dass mit dem Fehlen der darstellenden Funktion auch andere wichtige Teilstufen, wie die benennende, die symbolische, die logisch-grammatikalische ausfallen, liegt auf der Hand. Die Tierlaute bezeichnen nichts, sie stellen nichts dar, sie haben keine symbolische Bedeutung. Es liegt ihnen auch keine Mitteilungsabsicht zu Grunde, ohne welche eine Sprache, selbst im weitesten Sinne des Wortes, nicht möglich ist.

Was die innere *Struktur* anbelangt, zeigen die Lautäußerungen der Tiere kein einziges Merkmal, das der menschlichen Sprache eigen ist. Um auf einige fehlende Merkmale hinzuweisen: sie bilden kein phonolo-

gisches System, es fehlt der eindeutige Verband zwischen Ausdruck und Bedeutung, die Einzelgebilde fügen sich nicht zu einer Verbindung zusammen, die ihrerseits etwas Anderes ausdrücken würde als die Einzelgebilde, sie zeigen nicht die geringste Spur von der Sonderung in Redeteile, geschweige denn von einer grammatischen Struktur.

Phonetisch betrachtet sind die sog. Sprechlaute der höheren Tierarten, wie die der Hunde, Katzen, Affen, die als besonders ansprechende Beispiele angeführt zu werden pflegen, unserem akustischen Eindruck nach gestaltlose, unmelodiöse Geräuschtöne, Kreisch-, Stoss- und Blökläute, also Laute ohne phonematischen Charakter. Sie lassen sich in kein Lautsystem einordnen, daher sind sie nicht notierbar. Die schriftliche Festlegung der Lautäußerungen der Tiere durch unser Alphabet ist wissenschaftlich gänzlich unbrauchbar. Würde man die Klanganalyse der Affenlaute und ihrer Nachahmung durch menschliche Laute ausführen, so würde man erfahren, was für ein schlechtes Aufnahmeorgan unser Gehör ist und welch unzuverlässiges Abgabegerät unser Stimmapparat für derartige Laute ist. Die „Konsonanten“ sind nicht unsere Konsonanten, die „Vokale“ nicht unsere Vokale. Das phonetische Bild des „K“ oder „A“ in der Affensprache ist mit dem Konsonanten „K“ und Vokal „A“ nicht identisch. Diese tierischen Laute sind nicht einmal mit den Lallwörtern der Kinder zu vergleichen. Außerdem sind sie nicht artikuliert. Die Artikulation ist ein geistiges Moment, infolgedessen fehlt sie bei Tierlauten und bei der Lautimitation der Tiere (W. v. HUMBOLDT).

Vom *entwicklungspsychologischen* Standpunkte aus ist bemerkenswert, dass die „Tiersprache“ nicht wie die menschliche Sprache als Produkt einer langen, allmählich sich differenzierenden Entwicklung anzusehen ist. Ganz im Gegenteil: sie repräsentiert ein vererbtes, unveränderliches, starres Ausdrucksmittel. Die Lautäußerungen der Tiere haben keine Geschichte und entwickeln und differenzieren sich auch während des individuellen Lebens nicht. Das Tier lernt die Ausdruckszeichen nicht von seiner Umgebung wie wir die Sprache, sondern bringt sie im wesentlichen fertig mit sich. Das kann auch nicht anders sein, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die tierischen Aeusserungen auch dann, wenn sie kommunikativen Zwecken dienen, nichts anderes sind als *unmittelbare Reaktionen innerer Zustände des Tierindividuums*¹⁾.

Aus diesen Feststellungen folgt, dass die sogenannten Tiersprachen keine gemeinsame Basis mit der Sprache haben, was so viel heisst, dass *die Tierlaute, wie ausdrucksvooll sie auch sein mögen, zu der menschlichen Sprache nicht in Beziehung gesetzt werden können*.

¹⁾ Tierlaute ebenso wie affektbetonte menschliche Laute wie etwa „Ai“ oder „Oh“ symbolisieren nicht den Schmerz bezw. die Freude, sondern sie drücken diese Zustände nur *aus*. Sie sind unmittelbare körperliche Folgeerscheinungen dieser Lust- und Unlustzustände, nicht aber sprachliche Gebilde. (Vergl. dazu W. KÖHLER, Zur Psychologie der Chimpansen. Psychol. Forschung 1921; K. BÜHLER, Geistige Entwicklung des Kindes. 1921).

Um die Behauptungen durch zuverlässige Tatsachen zu stützen, gebe ich hier eine Analyse der Beobachtungen von YERKES und LEARNED, die sie anlässlich des Studiums der „Affensprache“ mitgeteilt haben. Die Analyse dieser Versuche wird zugleich ein Licht auf die Unzulänglichkeit und Gefährlichkeit der von anthropomorphistischen Gesichtspunkten geleiteten tierpsychologischen Experimente werfen.

YERKES und LEARNED haben die „Vocal Expressions“ zweier Schimpansen nach dem Gehör aufgenommen und eine Liste von den spontan ausgestossenen Lautäußerungen zusammengestellt (List of words or elements of speech)¹⁾. Sie fanden 32 „Wörter“, von denen 16 von dem Schimpanse A, 14 von dem Schimpanse B und 2 von beiden benutzt worden sind. Die „Wörter“ wurden dem Beginnlaut entsprechend in 5 Gruppen geordnet. Zu der ersten und zweiten Gruppe gehörten die Wörter beginnend mit dem gutturalen „G“ und „K“, „whispered and vocalized“, zu der dritten Gruppe die mit „H“-aspirate, zu der vierten die Wörter mit Nasal- und Labiallauten, schliesslich zu der fünften die mit Vokalen.

Wenn man die Liste genau untersucht, so zeigen sich folgende Verhältnisse:

1. Alle Lautkomplexe ohne Ausnahme beziehen sich auf *eigene Gefühlszustände*. Soweit auf Grund der Angaben eine Klassifizierung möglich ist, kann ich die zu Grunde liegenden Gefühlszustände in 5 Gruppen einteilen und zwar:

- a. Hungergefühl (Nahrungsbedürfnis),
- b. Heftigkeit, Ungeduld, Unruhe,
- c. Bedrängnis, Angst,
- d. körperlicher Schmerz,
- e. Freude, Zufriedenheit.

Die ersten 4 Gruppen sind unlustbetonte, die letzte Gruppe lustbetonte Gefühle. Die Gruppen stimmen im wesentlichen mit den Ausdruckslauten überein, die bereits BOUTAN bei einem weiblichen Gibbon aufgenommen hat. Auch nach ihm haben sich alle Lautäußerungen der Affen auf Affektzustände der Tiere bezogen und zwar auf den Zustand der Zufriedenheit und des Wohlseins, des Krankseins, der Furcht, der Freude und auf den Zustand grosser Erregung²⁾.

2. Es zeigte sich ferner, dass derselbe Affektzustand oder dasselbe gefühlsbetonte Bedürfnis mit *verschiedenen* Lautkomplexen verbunden wird. So kommt der Nahrungsbedürfnis in 9 verschiedenen Lauten zur Aeusserung, die zu den vier ersten phonetischen Klassen gehören. Erregtheit und Unruhe wird mit Lautkomplexen aus der Gruppe a, b, d und e

¹⁾ R. M. YERKES and B. W. LEARNED, Chimpanzee intelligence and its vocal expressions. 1925.

²⁾ BOUTAN, Le pseudo-langage. Act. Soc. Linnée, Bordeaux. 1913.

ausgedrückt. Es ist also deutlich, dass nicht einmal zwischen Laut und Gefühlsbewegung eine eindeutige Beziehung besteht.

3. Es gibt nur eine sehr geringe Anzahl phonetisch deutlich zu unterscheidender Lautkomplexe bei Affen. Soweit man den nach dem Gehör notierten Aufzeichnungen Vertrauen schenken kann, (wobei noch zu berücksichtigen ist, dass kleine Unterschiede auf mangelhafte Intonation und unexakte Stimmgebung zurückgeführt werden können), bleiben nicht mehr als 6—8 phonetisch einigermassen verschiedene Laute, wobei die erste Gruppe (Typ: Gakh, Kgak) bereits 45 % der angegebenen 32 „Wörter“ oder „Elemente“ umfasst. Die weiteren Typen sind: Gho — Kah — Kuku — Wah — Huh und schliesslich einige ungenaue Vokaltöne wie Ao, Ai, Ae, Ooh. Eine schärferer Trennung zwischen den Lauten lässt sich höchstens bei den Lautreaktionen der Lust- und Unlustgefühle machen, aber auch hier kann das nicht ohne Willkür geschehen.

Diese Analyse klärt uns darüber auf, dass Affen, deren Lautäußerungen nach der Ansicht von zahlreichen Zoologen und Tierpsychologen besonders ausdrucksvoll und mannigfaltig sein sollen, nur über ein äusserst dürftiges Lautmaterial verfügen, und ihre Äusserungen in keiner Hinsicht den Namen einer autochthonen Tiersprache verdienen. Es ist eine vollkommen aus der Luft gegriffene Behauptung, die Schimpansen und die Gibbons hätten eine *eigene Sprache*, und einen noch grösseren Irrtum begeht man, falls man in diesen Äusserungen Ansätze zu der menschlichen Sprache zu finden meint. Ganz im Gegenteil: die Versuche von YERKES und LEARNED, ebenso die von BOUTAN weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Lautäußerungen der Anthropoiden nicht nur zu der menschlichen Sprache, sondern überhaupt zu der Sprachfunktion in keiner Beziehung stehen¹⁾. Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man die Liste der

¹⁾ Obgleich YERKES die spontanen Lautäußerungen der Schimpansen zwar nicht als Sprache, auch nicht als Schimpansensprache betrachtet, fühlt er sich doch zu der Annahme berechtigt, dass „although there certainly is a useful substitute (!) which might readily be developed or transformed into a true language, if the animal would be induced to imitate sounds persistently.“ (YERKES and LEARNED, p. 66). Aus solchen Bemerkungen muss man den Schluss ziehen, dass die Forscher von der prinzipiellen Unmöglichkeit der Tiersprache nicht überzeugt sind. Diese Meinung muss ich aufrecht halten, trotz einem gegenteiligen Aussprache von YERKES. Er sagt nämlich in seinem schönen Buch „Great Apes“, S. 179 (1929): „Everything seems to indicate that their vocalisations do not constitute true language in the sense in which BOUTAN uses the term.“ „Their word-like sounds always lack ideational meaning.“ Dieser Ausspruch wird aber durch eine weitere Bemerkung aufgehoben, wo YERKES sich gegenüber der prinzipiellen Möglichkeit der Affensprache sehr positiv äussert, indem er die Ansicht vertritt, dass, wenn die Anthropoiden die Sprechtonen so gut imitieren könnten wie die Papageien, sie dann die menschliche Sprache erlernen können müssten. Damit gibt YERKES zu, dass die Anthropoiden Anlage für Sprachfähigkeit haben und dass bloss die unentwickelte sprachtechnische Fähigkeit im Wege stehe, sich mit uns zu unterhalten. (Von dieser Anschauung konnte sich auch der vorsichtige H. DELACROIX (*Psychologie du Langage*. 1933) nicht ganz emanzipieren).

Stimmäusserungen, die sog. Vokabularen anderer Tierarten einer Analyse unterwirft.

Um jedes Missverständnis auszuschliessen soll nochmals betont werden, dass wir bei dem Begriff autochthone Tiersprache das Gewicht auf „Sprache“ und nicht auf „autochthone“ legen. Denn, dass Tiere arteigene lautliche Kommunikationsformen besitzen, haben wir nicht in Abrede gestellt. Es handelt sich allein darum, mit aller Entschiedenheit hervorzuheben, dass tierische Kommunikationsformen mit der menschlichen Sprache nichts gemein haben, auch dann, wenn sie unter den Begriff Kommunikation fallen. Daraus, dass Tiere nur über elementare Kontaktmittel verfügen, lässt sich auf eine Inferiorität nicht schliessen, jedenfalls nicht in Bezug auf die Befriedigung ihrer Bedürfnisse und auf die Gestaltung ihrer Lebensweise. Für die Existenz der Tiere genügen die geschilderten Kommunikationsmittel; sie beherrschen ihre Umwelt anscheinend besser ohne Sprache, als wir unsere *mit Sprache*.

Die Sprache entspringt aus einer anderen Quelle und ist durch andere Tendenzen bestimmt und durch andere Gesetze beherrscht als die tierischen Aeusserungen. Die letzteren sind ohne Ausnahme Auswirkungen von Trieb- und Affektzuständen, stellen daher ebensowenig Wörter oder andere sinnerfüllte Symbole dar wie die unmittelbaren Reaktionen unserer Trieberregungen.

Die vorangegangenen Erörterungen und Analysen deuten auf eine wichtige sprachpsychologische Tatsache hin, nämlich, dass die wirkliche Sprache, *die Sprache als solche, erst dort einsetzt, wo lebende Wesen nicht mehr ausschliesslich durch Instinkte und Affekte beherrscht, sondern durch gewisse Absichten und Ziele und durch die Einsicht in die zu ihrer Verwirklichung geeigneten Mittel geleitet werden*. Gerade diese Art des Gerichtet-Seins, welches als Voraussetzung der ganzen menschlichen Kultur gilt, trennt das menschliche Leben vom tierischen Dasein¹⁾.

Die Feststellung, dass Tiere jeder Form der Sprache entbehren, hat eine weittragende entwicklungsgeschichtliche Bedeutung. Wenn man nämlich das Wesensmerkmal des Menschen in allerster Linie in der Sprache sieht, — und das wird mit vollem Recht seit der griechischen Philosophie bis in unsere Zeit gelehrt — dann sind die Anthropoiden, trotz ihrer anatomisch-morphologischen Verwandtschaft mit den Menschen, nicht weniger Tiere als die unähnlichen in der Entwicklungsreihe viel tiefer stehenden animalischen Wesen.

¹⁾ Es handelt sich hier nicht um eine terminologische Streitfrage, um den Begriff „Sprache“ bei Tieren ex definitione auszuschliessen. Es geht hier vielmehr auf sachlich-psychologische Argumente an, die die definitorischen Auseinandersetzungen erst veranlassten.

Comparative Physiology. — Die Regulierung der Herztätigkeit bei *Helix pomatia* durch extracardiale Nerven und das Zentralnervensystem.
Von N. VAN TIEL. (Aus dem Institut für vergleichende Physiologie der Universität zu Utrecht.) (Communicated by Prof. H. J. JORDAN.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

I. Einleitung. Die nervöse Regulierung des Tonus und der Beweglichkeit bei Gastropoden. Die Funktion der höchsten Zentren bei den Gastropoden beruht im Wesentlichen darauf, dass das Ausmass aller autonomen Reaktionen der lokomotorischen Muskulatur reguliert wird. Jede Regulation beruht auf dem Vermögen der Zentren, die Mittelwerte der autonomen Reaktionen zu erhöhen und zu erniedrigen. Normalerweise überwiegt die Erniedrigung der Leistung, d.h. also die Hemmung, bei dieser Anpassung peripheren Geschehens an die Anforderungen des gesamten Organismus. Die verschiedenen Hypothesen über die Mechanik der Hemmung mögen hier unbesprochen bleiben. Die Notwendigkeit Versuchsergebnisse zusammenfassend zu beschreiben, zwingt uns zur Benutzung bestimmter hypothetischer Schemata. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es hierbei nur auf die Phaenomenologie der Erscheinungen und nicht auf Erklärung eines Prinzips ankommt.

Bei den Gastropoden kennen wir eine zentrale Regulation der Lokomotion durch das G. cerebrale und des Muskeltonus durch das G. pedale. Reflexerregbarkeit und Lokomotion werden unter gewöhnlichen Umständen (d.h. hauptsächlich in der Ruhe) durch das G. cerebrale gehemmt, der tonische Zustand des Hautmuskelschlauches aber durch das G. pedale. Alle Versuche sprechen dafür, dass diese Hemmungen nicht durch eine künstliche Reizung der betreffenden Ganglien hervorgerufen werden können. Reizung beider Ganglien hat einen nichtspezifischen Effekt, nämlich Verkürzung aller Muskeln. Die Regulierung dahingegen ist für das G. cerebrale und das G. pedale spezifisch; sie ist „tonischer“¹⁾ Natur. Die normale hemmende Wirkung der Ganglien offenbart sich durch Ausfallserscheinungen, also dadurch, dass die Funktionen in ihrem Ausmasse stark zunehmen, wenn man das entsprechende Ganglion extirpiert, oder durch „starke Kokainisierung“ ausschaltet. Die Hemmung selbst aber tritt am stärksten zutage, wenn die Ganglien je durch schwache Kokainisierung auf ein niederes „Aktivitätsniveau“ herabgesetzt worden sind ohne dass

¹⁾ Wir wünschen für Dauerwirkungen der Zentren das Wort Tonus zu vermeiden und sprechen daher in der Regel von Aktivitätzzustand und Aktivitätsniveau.

ihre Funktion hierbei ausgeschaltet wird. Es ist auffällig, dass die Ganglien im Zustande narkotischer Depression ihre normalste Funktion am besten leisten. Erhöhung des Aktivitätszustandes des Cerebralganglions durch Kochsalzaufbringung erhöht dahingegen die Reflextätigkeit der Peripherie; die gleiche Behandlung des Pedalganglions macht, dass der Widerstand der Muskeln gegen passive Deformierung zunimmt (Tonus). Ein schwach kokainisiertes Pedalganglion erniedrigt auch einen Muskeltonus, den es nicht selbst erzeugt hat, der vielmehr experimentell durch Aufbringen von Kochsalz auf den Schneckenfuss hervorgerufen worden war. (H. J. JORDAN, Frl. C. E. SLUITER und N. POSTMA, 1938). Offenbar sind die Ganglien nicht im üblichen Sinne des Wortes Hemmungszentren, da die Reizung eines solchen die entsprechende Hemmung hervorrufen müsste. Man könnte an das Vorhandensein eines Erregungszentrums neben einem Hemmungszentrum denken, wobei nach Reizung nur das erstere sich geltend mache. Halblähmung mit Kokain müsste aber dieses Erregungszentrum ausschalten, denn sonst bliebe gesteigerte Hemmungswirkung in diesem Zustande unerklärt. Es bliebe nur das Hemmungszentrum übrig und elektrische Reizung müsste dann Hemmung der entsprechenden Funktion hervorrufen: es tritt aber immer nur unspezifische Muskelkontraktion auf. Dass hierbei *Wedenskyhemmung* eine Rolle spielt, konnte durch Versuche mit einiger Sicherheit ausgeschlossen werden.

JORDAN hat daher geschlossen, dass ein Gegensatz zwischen Vagus- und Acceleranswirkung beim Vertebratenherz und der Regulierung von Tonus und Beweglichkeit bei Gastropoden besteht. Zur anschaulichen Beschreibung der Tatsachen bediente er sich rein phaenomenologisch eines Schemas: Muskeln mit Nervennetzen, sowie die zentralen Ganglien sind Endpunkte der Erregungsleitung, die sich jeweils in einem bestimmten Aktivitätszustande befinden. Es besteht aber offenbar das Bestreben gegenseitiger Angleichung oder Koordination dieses Aktivitätszustandes. Dieses Schema gibt keine Erklärung für die nervösen Prozesse, die sich zwischen den Leitungsendpunkten abspielen. Allein es erlaubt die Erscheinungen, dass die Gesamtmuskulatur z.B. einer Schnecke, sich jeweils im gleichen Erregbarkeits- und Tonuszustande befindet, dass das erregende und hemmende Eingreifen der Ganglien sich nach dem jeweiligen Zustande der Peripherie richtet und endlich, dass erregende und hemmende Wirkung der Ganglien jeweilig nach Massgabe eigenen Aktivitätszustandes stattfindet, zusammenfassend zu beschreiben. Auf diese „koordinative“ Weise kann aber nur eine Zustandsregulierung auftreten, d.h. Erzeugung von abgestufter „Reflexbereitschaft“ (MAGNUS). Das bedeutet eine Regulierung der *Beweglichkeit*. Unhemmbare Schwimmbewegung bei beiderseitiger, Kreisbewegungen bei einseitiger Dezerebralisierung (Aplysia) sind Beispiele hierfür. (H. J. JORDAN, 1918, 1929, 1935, JORDAN, C. E. SLUITER und N. POSTMA, 1938.) Das Zustandekommen von komplizierten Handlungen, z.B. bei der Kopulation, dürfte differenziertere Einflüsse und Impulse der höchsten Zentren zur Voraussetzung haben. *Bewegungen* fordern daher

offenbar auch eine andere Form der Regulierung, bei der die Ganglien spezielle Hemmungs- und Erregungszentren enthalten müssen, deren Impulse in das Getriebe der Bewegung selbst eingreifen. Dies hat sich neuerdings durch die im folgenden beschriebenen Versuche über Beschleunigung vor allem aber über Hemmung des Schneckenherzens durch zentrale Ganglien und den N. intestinalis ergeben.

II. Einige Literatur. Die wenigen Angaben in der Literatur über die Regulierung des Herzrhythmus durch extracardiale Nerven und das Zentralnervensystem bei Gastropoden liessen eine erneute Untersuchung über Beschleunigung und Verzögerung (Hemmung) des Schneckenherzens aussichtsreich erscheinen. RANSOM (1884) hatte gefunden, dass Reizung des Nervus intestinalis Stillstand des Schneckenherzens in Diastole verursacht. CARLSON (1904, 1905 a, b) meinte seinen Versuchen die Tatsache entnehmen zu können, dass neben Herzhemmung auch regulative Beschleunigung besteht, eine Angabe, der SUBKOW (1934 a, b) widersprach. SUBKOW dürfte der einzige Forscher sein, der einige Erfahrungen über die

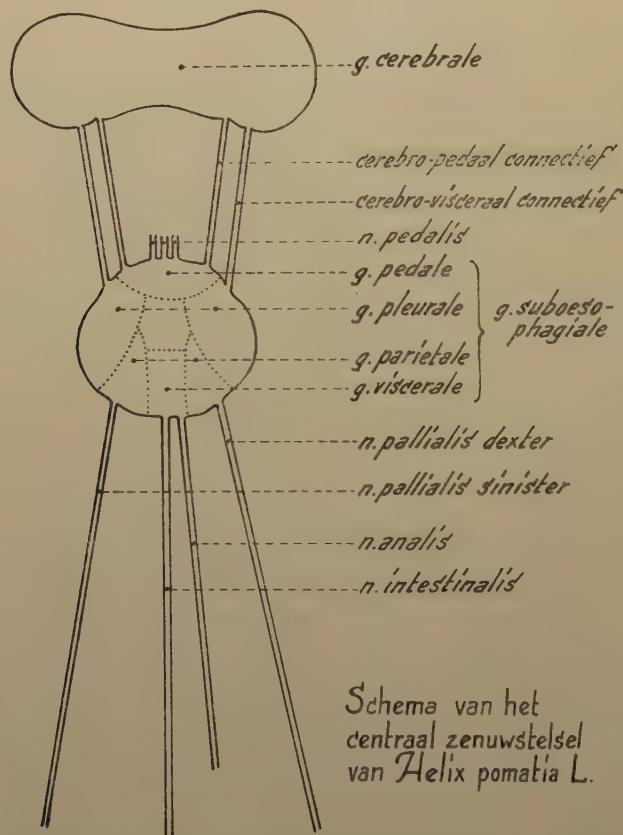


Fig. 1. Schema des zentralen Nervensystems mit dem Ursprung der für uns wichtigen peripheren Nerven bei *Helix pomatia* L.

regulative Wirkung der Ganglien auf das Helixherz mitgeteilt hat (siehe meine ausführliche Publikation).

III. Untersuchungsmethode. Das Herz einer Helix kommt an einen vertikalen isometrischen Hebel (Zeiger), der vor dem Spalt einer Roll-filmkamera steht. Durch starkes Projektionslicht beleuchtet, wirft der Zeiger einen Schatten auf den Spalt, der auf dem ruhenden Film einen Punkt, auf dem laufenden Film eine Linie und bei Bewegung des Zeigers das Bild eine Kurve erzeugt.

IV. Reizversuche, durch welche bewiesen wird, dass nur der N. Intestinalis regulierende Funktion hat. Welche periphere (extracardiale) Nerven kommen für die Regulierung des Herzens von Helix pomatia durch die Gangliensysteme in Frage? Auf Figur 1 sieht man, dass aus der suboesophagealen Ganglienmasse 4 Nerven entspringen, die nicht zum System des Pedalganglions gehören. 2 Nerven kommen aus den Parietalganglien, der Nervus pallialis dexter und sinister. Aus dem Ganglion viscerale entspringen der Nervus analis und der Nervus intestinalis. Faradisierung jedes der 4 mit der Ganglienmasse verbundenen Nerven verursacht Herzstillstand in Diastole (Fig. 2). Wenn man dahingegen die 4 Nerven, da,

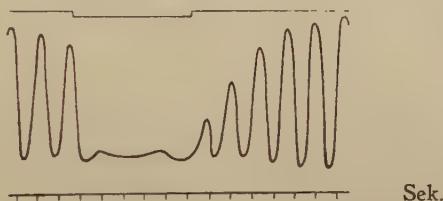


Fig. 2. Herzschlag bei *Helix pomatia*. Hemmung (Stillstand in Diastole) durch Reizung des N. intestinalis. Oben Reizsignal, zu unterst die Zeit in Sekunden.

wo sie die Ganglienmasse verlassen, durchschneidet, erhält man Stillstand nur bei Reizung des Nervus intestinalis. In der erstgenannten Versuchsreihe war der Stillstand bei Reizung der beiden palialen und des analen Nerven reflektorisch auf den N. intestinalis übertragen worden. Der N. intestinalis ist daher der Herznerv. *Jede Reizstärke erzeugt bei Reizung des N. intestinalis Herzstillstand in Diastole.*

V. Die refraktäre Periode der Herzhemmung. Man reizt den N. intestinalis während des spontanen Herzrhythmus. Nur während bestimmter Teile einer Phase treten Hemmungserscheinungen auf. In andern ist das Herz für die Hemmungswirkung mehr oder weniger refraktär (Fig. 3).

a. Reize von kurzer Dauer, welche das Herz während des ersten Beginnes einer Systole treffen, unterdrücken die noch nicht eigentlich begonnene Systole.

b. Reize, die etwas später fallen, sodass die Systole schon angefangen

hat, unterdrücken diese nicht mehr vollständig. Sie wird nur kleiner als eine normale Systole, und zwar macht sich die Hemmung desto weniger geltend (grössere Systole), je später der Reiz eintrifft, bis zu einer Grenze, von der an der Hemmungsreiz wirkungslos wird. Dann hat die betreffende Systole normale Grösse und es tritt bei kurzer Reizdauer überhaupt keinerlei Hemmung auf.

c. Auch während der Diastole hat kurze Reizung keinen sichtbaren Effekt.

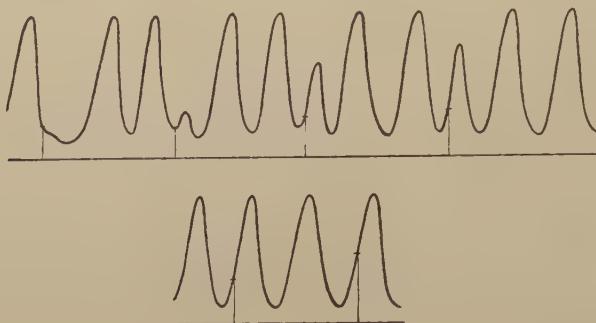


Fig. 3. Herzschlag bei *Helix pomatia*. Kurze Reizung des N. intestinalis an verschiedenen Stellen der Systole, die Stelle je durch eine Ordinate angegeben. „Refraktäre Periode der Hemmung“ des Herzens.

VI. Einfluss der Ganglien auf die Regulierung der Herztätigkeit.

a. Uebersicht über die Erscheinungen und ihre zunächst hypothetische Erklärungen. Die Versuchsergebnisse lassen sich am besten erklären, wenn man im Ganglion cerebrale das Vorhandensein eines einzigen Zentrums, und im G. viscerale zweier Zentra annimmt. Von den visceralen Zentren ist eins ein Hemmungszentrum („Vaguszentrum“), das andere ein Erregungs- oder Acceleranzzentrum. Das Hemmungszentrum hat eine niedere Reizschwelle, das Erregungszentrum eine hohe Schwelle. Das Herzzentrum des G. cerebrale ist mit beiden visceralen Zentren verbunden und wirkt auf beide gleichsinnig, n.l. hemmend, sodass vom Cerebralganglion aus sowohl die hemmenden als die erregenden Wirkungen des G. viscerale herabgesetzt werden können. Dieses vorläufig zum Teil noch hypothetische Schema dient hier lediglich, um die Versuchsergebnisse übersichtlich vortragen zu können. Genauere Argumentierung des hypothetischen Teiles dieses Beschreibungsschemas sei späteren Publikationen vorbehalten.

b. Versuche mit dem Ganglion cerebrale, Ausschaltung und Erregung. 1. Ausschaltung des G. cerebrale durch Vergiftung mit Kokain (Fig. 4). Auftragen von Kokainpulver hat zuerst unspezifische Reizwirkung: Stillstand des Herzens in Diastole. Sodann stellt sich die Herztätigkeit wieder her. In der Zwischenzeit hat das Kokain aber das Ganglion völlig gelähmt, was sich durch Verzögerung

des Herzschlages, im Momente seines Wiedereinsetzens, zu erkennen gibt. Normalerweise überwiegt die Hemmung durch das viscerale Hemmungszentrum, da dieses die niedrigste Reizschwelle hat („Vagotonus“). Diese übertriebene Hemmung wird durch den Einfluss des Ganglion cerebrale zur Normalen reduziert. Ausschaltung des G. cerebrale verursacht daher übertriebene Hemmung, d.h. die Frequenz (und Amplitude) des Rhythmus wird vermindert. Ein Einfluss der Ausschaltung auf das Acceleranszentrum ist nicht nachzuweisen, da offenbar die normale hemmende Wirkung des G. cerebrale zu schwach ist, um sich auf das Acceleranszentrum des G. viscerale mit seiner hohen Schwelle, nachweislich geltend zu machen.

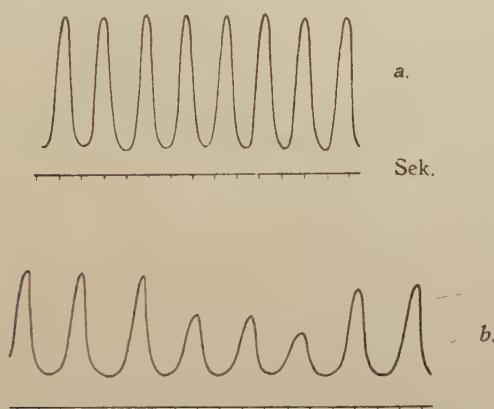


Fig. 4. Herzschlag bei *Helix pomatia*. Einfluss des durch Kokain gelähmten G. cerebrale auf den Herzrhythmus. a. Normaler Rhythmus. b. Verzögerter Rhythmus, nachdem der Einfluss des G. cerebrale ausgeschaltet worden ist. (Die Aenderung der Amplitude des Herzschlages ist ein nebensächliches Phänomen, auf welches wir hier nicht weiter eingehen.)

2. *Erregung des G. cerebrale durch Aufbringen von kristallinischem Kochsalz* (Fig. 5). Auch Kochsalz wirkt zuerst unspezifisch als Reiz und verursacht Herzstillstand in Diastole. Nach Abklingen der Reizwirkung übt Kochsalz eine starke, dauernde *erregende* Wirkung auf das Cerebralganglion aus. Sie ist so stark, dass nunmehr auch das Acceleranszentrum soweit gehend gehemmt wird, dass der Herzrhythmus verlangsamt wird. Aber ähnlich wie beim Vertebratenherzen, stellt sich allmählich die Frequenz des Rhythmus des *Helix*-herzens einigermassen wieder her, trotzdem das Kochsalz nicht vom G. cerebrale entfernt wird. Die Frequenz nimmt aber wieder ab, wenn man neues Kochsalz auf das G. cerebrale bringt. Zusammenfassend können wir sagen: *Reizung* hat immer den gleichen unspezifischen Effekt: Stillstand in Diastole. Dauererregung aber ruft Erscheinungen mit spezifischen Merkmalen hervor. Trotz der Heftigkeit der *Erregung* durch Kochsalz wird der Rhythmus nur verzögert, nicht völlig unterdrückt. Die Hemmung durch erste *Reizung* behauptet sich nicht. Ähnlich wie beim Einfluss des G. cerebrale und

G. pedale auf die Lokomotionsmuskulatur, hat Erregung des G. cerebrale und seine totale Ausschaltung gleichsinnigen Einfluss auf das periphere Geschehen, in diesem Falle auf das Herz: Nur können wir die Erschei-

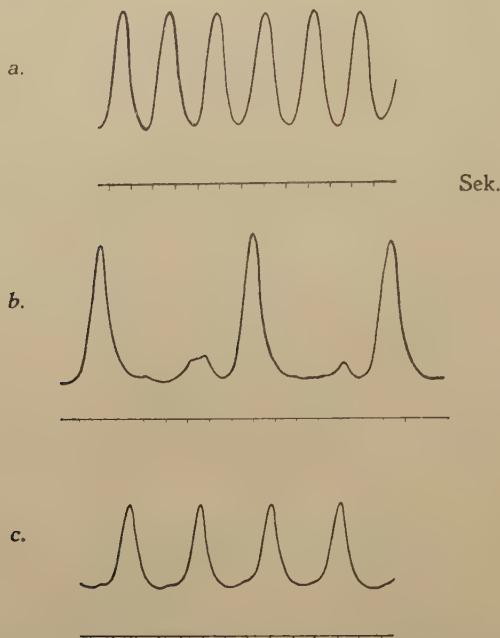


Fig. 5. Herzschlag bei *Helix pomatia*. Einfluss des durch NaCl erregten G. cerebrale auf den Herzrhythmus. a. Normaler Rhythmus. b. Verzögerter Rhythmus, nachdem das G. cerebrale in Erregungszustand versetzt worden ist. c. Partielle Wiederherstellung des Rhythmus durch Adaptation des Ganglions an den Erregungszustand.

nungen am Helixherzen nicht mit dem Koordinationsschema beschreiben. Niemals erzeugt bei der Lokomotionsmuskulatur Reizung des höchsten Zentrums Hemmung. Die Ganglien hemmen auf Grund ihres normalen Aktivitätszustandes und erregen wenn dieser gesteigert wird. Auch tritt peripherische Mehraktivität auf, wenn die zentrale Hemmung durch Ganglienexstirpation wegfällt. Beim Herzen ergibt sich das Gegenteil. Ausschaltung (mit Kokain) und Erregung (mit Kochsalz) des G. cerebrale haben zwar auch gleichsinnige Wirkung, diese verursacht aber Verzögerung des Herzrhythmus, also das Gegenteil von gegenseitiger Angleichung. Unterschiede prinzipieller Art zwischen den Wirkungen geringerer und höherer Kokainkonzentration konnten beim Herzen (im Gegensatz zur Lokomotionsmuskulatur) nicht nachgewiesen werden. Daher wollen wir für die zusammenfassende Beschreibung das in der Physiologie der Vertebraten übliche Schema für die Regulierung des Herzrhythmus benutzen. Bei dem Koordinationsschema der Lokomotionsmuskulatur kann man die Annahme bestimmter gegensätzlich wirkender Zentren entbehren. Jedes Ganglion reguliert ja nur eine einzige Funktion. Bei der Regulierung des

Herzrhythmus müssen wir aber, wie oben schon gesagt wurde, das Vorhandensein zweier visceraler Zentra annehmen, von denen das eine den Rhythmus erhöht, das andere hingegen den Rhythmus verzögert. Das G. cerebrale aber wirkt auf beide Zentra hemmend: es hemmt die Hemmung und die Beschleunigung. Die paradoxale Gleichsinnigkeit der Wirkung von Kokain und Kochsalz auf das G. cerebrale wird durch einen Unterschied in der Reizschwelle beider visceraler Zentra erklärt: Lähmung schaltet den normalen cerebralen Einfluss aus, der zu schwach ist um das Beschleunigungszentrum mit seiner hohen Schwelle nachweislich zu hemmen, dem aber das Hemmungszentrum mit seiner niederen Schwelle unterworfen ist. Daher fällt bei Kokainisierung Hemmung der Hemmung fort, die Hemmung wird stärker. Bei Erregung des G. cerebrale durch Kochsalz wird die Schwelle des Beschleunigungszentrums durch die cerebrale Hemmung überschritten: auch hierdurch wird der Herzrhythmus verzögert; daher die prinzipielle Uebereinstimmung zwischen zwei gegensätzlichen Eingriffen.

c. *Das Ganglion viscerale.* 1. *Ausschaltung durch Kokain* (Fig. 6). Auch hier tritt erst eine Reizwirkung auf, mit Stilstand des

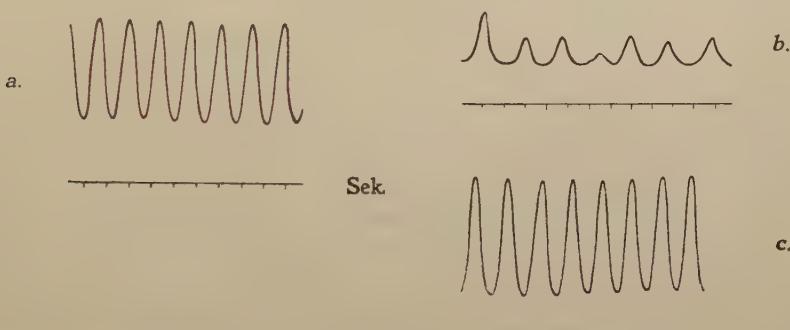


Fig. 6. Herzschlag bei *Helix pomatia*. Wirkung der Lähmung des G. viscerale durch Kokain auf den Herzrhythmus. a. Normaler Rhythmus. b. Verzögerter Rhythmus, nachdem das viscerale „Acceleranszentrum“ ausgeschaltet worden ist. c. Beschleunigter Rhythmus, nachdem auch das viscerale Hemmungszentrum ausgeschaltet worden ist.

Herzens in Diastole. Sobald aber die narkotische Wirkung einsetzt, wird erst das Acceleranzentrum mit seiner hohen Schwelle ausgeschaltet, denn normale Erregungen werden für dieses Zentrum unterschwellig, daher verlangsamter Rhythmus. Später aber, bei fortschreitender Kokainnarkose, werden Erregungen auch für das Hemmungszentrum unterschwellig, sodass die Herzfrequenz wieder zunimmt.

2. *Aufbringung von Kochsalz auf das G. viscerale* (Fig. 7). a. Wenig Kochsalz. Das Hemmungszentrum mit der niederen Schwelle wird erst stark gereizt. Daher tritt Stillstand in Diastole, als nichtspezifische Reiz-

wirkung auf. Danach macht Reizung der Dauererregung durch das nämliche Kochsalz Platz, sodass das Herz wieder zu schlagen beginnt, nun aber mit verzögertem Rhythmus.

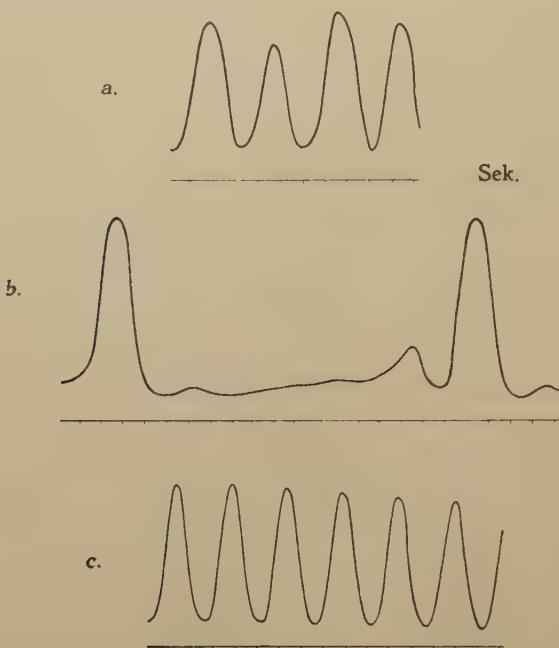


Fig. 7. Herzschlag bei *Helix pomatia*. Einfluss des von NaCl erregten G. viscerale auf den Herzrhythmus. a. Normaler Rhythmus. b. Verzögter Rhythmus, nachdem das viscerale Hemmungszentrum in Erregungszustand versetzt worden ist. c. Beschleunigter Rhythmus, nachdem auch das viscerale Acceleranszentrum in Erregungszustand versetzt worden ist.

b. Mehr Kochsalz. Nun wird auch das Beschleunigungszentrum mit der höheren Schwelle erregt. Es tritt, verglichen mit der normalen, erhöhte Frequenz des Herzschlages auf.

c. Das Kochsalz wird weggewaschen. Die Frequenz nimmt wieder ab, denn die Erregung sinkt unter die Schwelle des Beschleunigungszentrums.

d. Kochsalz wird wieder hinzugefügt, die Frequenz steigt wieder.

Die Reproduzierbarkeit aller dieser Versuche ist naturgemäß nicht vollkommen. In erster Linie haben wir es mit der Reaktion höchster Zentren zu tun, wobei man vollständige Reproduzierbarkeit nicht erwarten kann. Wichtiger aber ist, dass bei dem cerebralen Einfluss auf zwei Zentren mit entgegengesetzter Wirkung, kleine Verschiebungen der Schwelle, die für unser Objekt so charakteristisch sind, das Verhältnis zwischen Hemmung und Erregung verschieben können. Es wird die Aufgabe der ausführlichen Veröffentlichung sein, statistisches Material zu geben und die hypothetische Grundlage dieser Auseinandersetzungen, die hier, wie gesagt, lediglich zur Ordnung des Materials benutzt wurde, auf sichereren Boden zu bringen.

VII. *Schlussbetrachtung.* Die Regulierung des Tonus und der Beweglichkeit durch die höchsten Zentren geschieht bei den Gastropoden in vielen Beziehungen anders, als bei den Wirbeltieren. Um so auffallender ist die weitgehende Uebereinstimmung in der Regulierung der Herztätigkeit bei beiden Tiergruppen. Auch bei den Gastropoden kann man Vagus- und Acceleranswirkung, Vago- und Sympathicotonus nachweisen. Das Vaguszentrum und seine Regulierung durch cerebrale Hemmung spielt bei alledem wegen seiner niederen Schwelle, die Hauptrolle.

LITERATUR.

CARLSON, A. J., The rhythm produced in the resting heart of Molluscs by the stimulation of the cardio-accelerator nerves. American Journal of Physiology, **12**, 55 (1904).

—, a. Comparative physiology of the invertebrate heart. I. The innervation of the heart. Biological Bulletin, **8**, 123 (1905).

—, b. Comparative physiology of the invertebrate heart. III. Physiology of the cardiac nerves in Molluscs. American Journal of Physiology, **14**, 16 (1905).

JORDAN, H. J., Ueber die Physiologie der Muskulatur und des zentralen Nervensystems bei hohlorganartigen Wirbellosen; besonders bei Schnecken. Ergebnisse der Physiologie, **16**, 87 (1918).

—, Allgemeine vergleichende Physiologie der Tiere. Berlin, 1929.

—, Die vergleichende Physiologie von Muskeln, Nerven und Zentren, das Prinzip der Koordination. Ergebnisse der modernen Biologie. Moskau, **4**, 157 (1935).

JORDAN, H. J., C. E. SLUITER und N. POSTMA, Die Regulierung des Muskeltonus durch die Ganglia pedalia bei *Helix pomatia* L. nach dem Schema der Koordination oder der Isostasie. Proc. Kon. Nederl. Akademie v. Wetensch., Amsterdam, **41**, 1032 (1938). Daselbst weitere Literatur über koordinative Regelungen durch die Ganglien.

RANSOM, W. B., On the cardiac rhythm of Invertebrata. Journal of Physiology, **5**, 261 (1884).

SUBKOW, A. A., a. The role of the central nervous system in the work of the heart of the snail (*Helix pomatia*). Problems of comparative physiology. U.S.S.R., **53** (1934).

—, b. Some preliminary observations on the pharmacology of the innervation of the heart of the snail (*Helix pomatia*). Problems of comparative physiology, **62** (1934).

Anatomy. — Ein Finger-Umfang-Mass. Von ST. MARTIN. (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

Die Goldschmiedfirma BRUNO BADER in Pforzheim hat zur Feststellung des Finger-Umfanges für die Anfertigung von Fingerringen ein kleines Instrument herausgebracht, das *Ringmass D.R.G.M.*, das — unbeabsichtigt — auch dem Anthropologen bei der Untersuchung der Finger-Weichteile (Muskel plus Fett) von Nutzen ist.

Man hat sich bisher auf die Feststellung der knöchernen Unterlage der Finger und auf die Hand-Umrissse beschränkt, die ja auch in den Fällen genügt, wenn es sich darum handelt, erbbiologische Verschiedenheiten bzw. Ähnlichkeiten zu untersuchen. Man sollte aber doch nicht die *konstitutionell* bedingten Eigentümlichkeiten der Finger unbeachtet lassen, deren Umfänge nicht nur vom Skelet, sondern ebenso sehr von der individuellen Anlage und nicht zum wenigsten von *peristatischen* Ver-

Fingerumfänge (mit dem Ringmass gemessen): Linke Hand einer Frau

	V	IV	III	II	I
Phalanx I (Mitte zw. d. Gelenken)	61 mm	62 mm	71 mm	72 mm	70 mm
Phalanx II (Mitte zw. d. Gelenken)	52	56	60	56	59
Phalanx III (Mitte des Nagels)	42	47	49	45	—
Zusammen:	155	165	180	173	129
<i>Fingerlänge vom Phalangion aus:</i>	69	83	97	84	61

Index: $\frac{\text{Fingerlänge} \times 100}{\text{Summe der 3 resp. 2 (Daumen) Fingerumfänge}}$

	V	IV	III	II	I
Schwester d. Vaters (obiges Beispiel)	44.5	50.3	53.8	48.5	47.2
Vater	42.2	50.8	53.0	45.6	42.5
Mutter	60.8	72.2	70.0	62.0	61.7
Sohn, erwachsen	54.2	68.0	63.8	61.0	56.5
Tochter, erwachsen	53.2	66.6	65.6	60.6	58.5

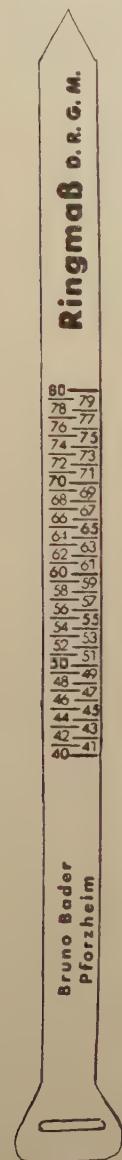
änderungen abhängig sind. Eine nicht zu übersehende Bedeutung hat ferner die Beobachtung der Fingerdicke während des Wachstums und dann als erbliches Moment, speziell bei Familienuntersuchungen.

Beispiel: Vater: ausgesprochen fleischige kurze Hand,
Mutter: ausgesprochen knöcherne lange Hand,
Sohn u. Tochter: beide haben die Hand der Mutter geerbt (vergl. die kleine Indextabelle), während die Mehrzahl der übrigen körperlichen Eigenschaften des Vaters dominant waren, wie die Körpergrösse, (dunkle) Haarfarbe, (dunkle) Augenfarbe, Kopf- und Gesichtsform.

Der Vater ist manuell durch seine starken Fingerumfänge ungeschickt; Mutter und Kinder haben mit ihren schlanken Fingern eine besondere handliche Geschicklichkeit, was für die qualitative Bedeutung des Fingerumfang-Längen-Index spricht.

Konstitutionell spielen demnach die Fingerumfänge eine bisher nicht beachtete Rolle. Ein weiterer Faktor ist die Veränderung der Fingerdicke durch bestimmte Betätigung: der Handwerker wird mehr erreichen, wenn er sich an die Fingerumfänge seiner Hand hält und danach die Berufswahl berücksichtigt. Das Handtrainung des Pianisten lässt selten viel Fettpolster aufkommen, kräftigt aber Muskel und Bänder in der Weise, dass die Umfänge im bestimmten Verhältnis zur knöchernen Unterlage stehen. Die Fingergeschicklichkeit des Gynäkologen korreliert mit dem Fingerumfang.

Das Fettpolster der Hand spielt bei der Beurteilung des individuellen Ernährungszustandes eine Rolle; die Stärke des Fettpolsters ist aber auch konstitutionell bedingt und hängt somit nicht allein von der Ernährung, sondern von der individuellen Reaktion auf die Umwelt, sowie von der hormonalen Beschaffenheit der Person ab. Bei bestimmten Krankheiten ist die Abmagerung der Hand und besonders der Fingerumfänge, wie überhaupt ihre Veränderung eine Indikation; es wäre also auch für den Arzt wichtig mittels dieses kleinen Geräts, das genau und fein ist, festzustellen, in welchem Mass die Abmagerung bzw. Veränderung nach gewissen Zeiträumen erfolgt. Schliesslich ist die rassiale Bestimmung der Fingerumfänge eine bisher vernachlässigte Arbeit. Man vergleiche z.B. die mageren langen Negerhände mit den plumpen der Ainu. Aber nicht nur die Finger, auch die Zehen lassen sich mit dem kleinen Ringmass messen. Seine Handlichkeit und billige Herstellung erlauben



Das Ringmass gibt den Umfang des Fingers in Millimetern an.
(etwa um $\frac{1}{10}$ vergrössert)

Ringmass messen. Seine Handlichkeit und billige Herstellung erlauben

es, eine Menge mit sich zu führen, da begreiflicherweise die Haltbarkeit des Zellophan gering ist. Der Vorteil ist, dass Zellophan sich nicht dehnt — das ist leicht kontrollierbar —, wie ein Stoffbandmass und sich auch sonst durch den Gebrauch nicht ändert, sodass die Fehlerquellen bei der Messung kaum am Gerät liegen. Der Beobachter muss darauf achten, stets an bestimmter Stelle der Finger zwischen den Gelenken das kleine Bandmass anzulegen und bei der Wiederholung strikte dabei zu bleiben. Vielleicht wird durch diese Anregung ein Versuch auf seine Brauchbarkeit gemacht, auch hinsichtlich seiner Brauchbarkeit bei der Umfang-Messung langer Röhrenknochen, für die das Ringmass aber mindestens bis 90 mm graduiert sein muss.

Medicine. — *Biological Properties of Aethinyl-testosterone* *). By L. A. M. STOLTE. (From the Department of Pharmacology, University of Leiden. Director Prof. S. E. DE JONGH.) (Communicated by Prof. J. VAN DER HOEVE.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1940.)

II. Not Progesterone-like properties (oestrone-like, testosterone-like).

In a previous paper (1) some progesterone-like activities of aeth.-test. were described. We now wish to deal with the other effects, observed with aeth.-test., grouped as follows:

1. oestrone-like,
2. testosterone-like,
3. oestrone and/or testosterone-like?

1. Oestrone-like activities of aeth.-test.

a. An indication for this sort of activity we found in already published experiments, concerning the suppression of the oestrone-oestrus in castrated mice: with a quantity of aeth.-test., not (yet) causing an inhibition, an earlier appearance of the oestrus was obtained. (Table I).

TABLE I.

Treatment	Number of animals in which oestrus appeared	
	Within 24 hours after last dosage	More than 24 hours after last dosage
0.1 γ oestrone	2	6
0.1 γ oestrone + 12 mgm aeth.-test. <i>per os</i>	9	—
0.12 γ oestrone	3	5
0.12 γ oestrone + 12 mgm aeth.-test. <i>per os</i>	10	1

This table further shows, that with the combined treatment a larger number of animals reached oestrus than with oestrone alone. The acceleration of the oestrus-effect also occurred in the majority of the animals, that escaped inhibition after a higher dosage aeth.-test. For these reasons it was investigated, whether aeth.-test. alone is capable of producing oestrus in castrated female mice: 10 or more of a series of 20 animals received 12—20 mgm aeth.-test. orally or 6—10 mgm aeth.-test. subcutaneously.

*) For literature and further details vid. anew Dissertation Leiden 1940.

The rest was used as controls. In the following weeks the groups were interchanged or a pause was shoven in between treatments. We finished with 40 mgm orally or 30 mgm subcut., in the course of 5 days.

In these experiments we sometimes met with a positive oestrus sign, what has to be considered as a proof of the oestrogenic activity of aeth.-test., since oestrus fails to appear in controls, not treated with this substance. The oestrus developed early and was of short duration: obviously the progesterone-like effect predominates very soon. Besides, the same animal could not be brought to oestrus even after weeks. The histological examination yielded the explanation: aeth.-test. had produced mucification as well as cornification in the vaginal wall (sometimes even mucous cells upon a layer of cornification!) The mucification lasted more than a week.

In castrate rats too we could show the oestrogenic effect of aeth.-test.: 200 γ aeth.-test. subcut. or 400 γ *per os*, both daily given for 20 days to 4—5 w. old animals gave rise (besides an initial oestrus) to the return of the oestrus on the 12th—13th day in the second group.

Oestrus was also observed in pregnant rats, castrated on the 5th or 10th day and treated with daily 5 mgm aeth.-test. subcut. or 10 mgm orally. The placenta not yet being of importance at this stage of pregnancy and the only other possibility for the production of oestrogenic substances being removed (MC KEOWN, c.s. (2)) we considered this to be a new proof of the oestrogenic power of aeth.-test.

b. The opening of the introitus vaginae, combined with oestrus is another mainly oestrogenic effect of aeth.-test., observed by us in 8 immature rats (16—19 days old), treated with 400 γ aeth.-test. subcut., twice a day for 3 days. Though the influence of the testosterone-like component cannot be wholly denied (testosterone too is capable of producing this phenomenon), the oestrogenic effect must have played the main role here, since an equal dose of testosterone caused a disclosure, appearing later and *without* oestrus. Progesterone, that never produces oestrus, also fails to give rise to vaginal opening, even to a later occurring one. 800—1000 γ aeth.-test. *per os*, twice daily resulted in vaginal opening without oestrus.

c. The changes in the uteri of the rats in the above investigations also pointed to an oestrone-like and partially to a progesterone-like influence of aeth.-test.

The uterus weights in the groups "aeth.-test. subcut." were distinctly higher than those in all other groups. The enlargement of the uteri with aeth.-test. *per os* was of the same range as that with testosterone.

Histologically the "aeth.-test. subcut." uteri showed a loose, vacuolated stroma with blown-up nuclei and an epithelium of high, cylindrical cells with clear basal nuclei and a high protoplasm seam. Neither testosterone, nor progesterone, nor aeth.-test. *per os* could call forth this picture. It was only found in rats, treated with 400 γ progesterone + 0.25 γ oestrone twice

daily for 3 days or 0.25 γ oestrone 2 dd during 6 days, combined with 2 dd 400 γ progesterone the last 3 days.

d. The oestrogenic effect of aeth.-test. on the *uterus* was also seen in immature rabbits: 40 mgm aeth.-test. orally, divided over 5 days caused a growth of the organ, somewhat inferior to that, obtained with 10 γ oestrone subc. and somewhat superior to that with 20 mgm testosterone propionate subc. 20 mgm aeth.-test. subcut. caused a much smaller growth; after 5 mgm progesterone (subcut.) or a combination of 8 γ oestrone and 5 mgm progesterone (subcut.) hardly any growth occurred. Aeth.-test. orally given produced, histologically followed, the same pregravid alterations (less than corresponding with the sign +) as the combination of oestrone and progesterone did.

Moreover, sensitization of the uterus to 1 mgm progesterone proved to be possible with a precursory gift of 40 mgm aeth.-test. *per os*, just like with oestrone in the CLAUBERG test. This also could be obtained with the combination of oestrone and progesterone given simultaneously.

2. Testosterone-like effects.

a. *Influence upon seminal vesicles and prostatic gland of the castrated, whether or not hypophysectomized rat.* Castrated, 4—5 weeks old rats received 0.5 mgm aeth.-test. daily for 8 days in one or two gifts a day. At autopsy on the 9th day seminal vesicles + coagulation gland and the ventral lobe of the prostata proved to have grown distinctly more than those of the controls.

Though quantitatively much less impressive than after treatment with 200 γ testosterone daily, in qualitative sense the development after aeth.-test. was just the same ("activity" in the histological picture).

Oral administration of twice a subcut. active dosage gave no result. The fourfold caused a slight increase in weight, but no histological changes. (Table II).

TABLE II.

Daily dosage aeth.-test.	Sem. ves. and coag. gl.	Ventr. lobe prost.
2 dd 0.25 mgm subcut.	43.8 mgm (11.3 mgm)	31.6 mgm (6.5 mgm)
1 dd 0.5 mgm "	23.6 mgm (9.5 mgm)	17.8 mgm (9.8 mgm)
2 dd 0.5 mgm <i>per os</i>	9.6 mgm (9.4 mgm)	9.8 mgm (8.8 mgm)
1 dd 1 mgm "	8.8 mgm (9.5 mgm)	8.2 mgm (9.8 mgm)
1 dd 2 mgm "	13.3 mgm (9.5 mgm)	13.8 mgm (9.8 mgm)

Av. wt. semin. ves. + coag. gl. and ventr. lobe of the prost., as obtained in 2 experiments.
Corresp. control wts. in parenthesis.

These experiments showed — in agreement with the findings of EMMENS' c.s. (3), pertaining to the influence of aeth.-test. on the cock's comb — that aeth.-test. orally given, doesn't unfold but a weak "masculine" activity in the male rat. From the obtained increase of the weight of the seminal vesicles it follows, that this "masculine" activity bears a really testosterone-like character and not a progesterone-like one, as might be expected because of the findings of GREENE c.s. (4). The above increase can be obtained with progesterone in massive dosages only (reaching, when expressed in rabbit U., far beyond the quantities of aeth.-test., used by us. (GREENE c.s.). In this respect progesterone corresponds with "male" hormone (type androsterone) from the urine, aeth.-test. with "male" hormone (type testosterone) from the testicles.

That the "masculine" activity of aeth.-test. belongs to the testosterone-type, also appeared from an experiment, in which 0.25 mgm aeth.-test. twice daily subcutaneously was administered for 8 days to hypophysectomized rats, 9—10 weeks of age and castrated 4 weeks before. On the 9th day the weights of seminal vesicles + coagulation gland and of the prostate were resp. av. 25.6 mgm and 9.3 mgm; of the controls resp. 8 and 4.6 mgm. FREUD and LAQUEUR (5) showed that such an increase in weight of the seminal vesicles only occurs in hypophysectomized, castrate rats, when the testosterone type is used and not with the androsterone type (even not if combined with oestrone).

The stimulation of seminal vesicles and prostata occurred, as a by-phenomenon, in one of our experiments, in which we daily administered during 20 days 400 γ aeth.-test. *per os*, 200 γ aeth.-test. subcut., 200 γ progesterone or 200 γ testosterone. Testosterone gave rise to a strong growth of the above organs, aeth.-test. subcut. to a lesser degree, but still distinct enlargement; the remaining substances had hardly any or no effect.

b. Inhibition of the paradoxical effect in the castrated mouse: The technics of the experiment have been dealt with in our previous paper; it was shown that aeth.-test. can inhibit the paradoxical alterations, that are specially susceptible for the influence of progesterone. However, also the changes, for which testosterone has a certain preference (epithelium of the coagulation gland and of the efferent ducts of seminal vesicles and coagulation gland) were reduced!

The used quantity of aeth.-test. was 1.2—2 mgm *per os* daily. The effect of the quantity of oestrone, used by us, can be inhibited with 6 γ testosterone daily, as has been shown in other experiments in our Laboratory (DE JONGH c.s. (6)). Basing hereupon, the "masculine" activity of aeth.-test. is only ca 1/200—1/300 of that of testosterone. A further sign of this "masculine" property has been found in the "male" aspect of the coagulation gland of the animals, that had received 2 mgm aeth.-test. *per os* daily.

c. *Inhibition of the oestrone-oestrus in mice.* These experiments too have been described already in the previous communication: aeth.-test., orally given inhibits the oestrone-oestrus and the relation with progesterone concerning the active dosages is rather well the same as is found with the CLAUBERG test. VAN DER WOERD (7), however, showed in experiments, not wholly comparable with ours, that 150γ testosterone counteracts the oestrus effect of 0.1γ oestrone; DE FREMERY c.s. (8) suppressed a limit dosage of oestrone with 3 rabbit U. progesterone. When comparing these dosages, one concludevely finds the relation index (pro mgm), also fixed by ROBSON (9): testosterone inhibition-progesterone inhibition = 15 : 1.

In view of the inhibition of the paradoxical oestrone effect in male mice the activity of aeth.-test. *per os* proved to be only ca 1/200—1/300 of that of testosterone. Hence it may be expected that the oestrone-oestrus can be suppressed with $200-300 \times 150\gamma = 30-40$ mgm aeth.-test. In our experiments 20 mgm aeth.-test. sufficed. The rough calculation basis taken into account, the inhibition of the oestrone-oestrus with aeth.-test. orally given, *might* have been due to a testosterone-like effect.

d. *Influence on the rat penis and clitoris:* In the above experiments on the influence of aeth.-test. on the vaginal opening in the immature rat aeth.-test. subcut. proved to be capable of causing a *clitoris growth*, stronger (!) than that with an equal dose of testosterone. Twice this quantity of aeth.-test., orally given, caused a slight increase in weight, an equal quantity of progesterone had no effect. (Table III).

TABLE III.

Daily dosage	1st experiment	2nd experiment
800 γ aeth.-test. subcut.	15.5 mgm	9.6 mgm
1600—2000 γ aeth.-test. <i>per os</i>	7 mgm	—
800 γ testosterone	8.3 mgm	5.6 mgm
800 γ progesterone	3.2 mgm	—
control	3 mgm	4.5 mgm

Average weight of the clitoris.

In experiments of 20 days duration with 4—5 weeks old, castrated rats 200γ testosterone daily caused a larger gain in weight than 200γ aeth.-test. subcut. did; 400γ aeth.-test. orally caused a slight, 200γ progesterone no growth.

The growth, in these experiments induced with aeth.-test. subcut. appeared together with a cartilagenous alteration of the clitoris of the same character as is seen in consequence of a treatment with testosterone. In long lasting experiments aeth.-test. *per os* as well as progesterone some-

times caused slight changes in the same direction. In 3 experiments progesterone only did so, when combined with oestrone.

Aeth.-test. subcut. also induced in similar experiments, in the shorter as well as in the long lasting ones, penile growth in 4—5 weeks old, castrated rats, (Table IV), which proved to be preserved in the above mentioned hypophysectomized, castrated rats.

TABLE IV.

Daily Dosage mgm	Penile wt. (mgm)
8 days	0.5 aeth.-test. subc. 48.4
	1 aeth.-test. per os 33
	2 aeth.-test. per os 34.4
	control 30.5
20 days	0.2 aeth.-test. subc. 24.7
	0.4 aeth.-test. per os 27.3
	0.2 testost. subc. 90.3
	0.2 progest. subc. 25
	control 24.7

Av. weight of the rat penis.

The cartilagenous transformation as found in the clitoris, was also observed in the glans penis of those animals, that had received aeth.-test. subcutaneously. To a lesser degree this was also the case after 2 mgm aeth.-test. orally during 8 days and after 400 γ aeth.-test. orally during 20 days; the changes were highly developed after the administration of 200 γ testosterone.

In the os priapi we observed modifications as described by DE JONGH c.s. (10) for testosterone. The whole penile bone was thicker than in the controls, albeit that no distinct separation in 2 layers could be shown; there was an active cartilagenous mantle of the marrow cavity, in which markedly developed trabeculated tissue was present. These changes were obtained much more distinctly with aeth.-test. subcut., than with the double quantity, orally administered.

In the penile bones of hypophysectomized, castrated rats too, changes as described by DE JONGH c.s. for testosterone-propionate were observed.

3. Oestrone-like and/or testosterone-like activity.

In this group a series of changes are reported, that did not fit in the foregoing groups.

a. *Influence on the intact pregnancy in the rat.* With oestrogens pregnancy can be disturbed in the rat during the first half. Concerning a disturbance with testosterone (prop.) valuable details are only given in literature for the second half of pregnancy (HAIN (11), GREENE (12), etc.).

We investigated the influence of 2 dd 0,625 mgm progesterone, 2 dd 0,625 mgm aeth.-test. subcut. and 2 dd 50 mgm aeth.-test., orally administered from the 4th until and inclusive the 11th day of pregnancy to groups of 4 rats. Laparatomy on the 12th and 24th day after the detection of sperm in the vagina.

Progesterone proved to induce a (slight) lengthening of pregnancy; aeth.-test. subcut. had disturbed pregnancy in 3 and aeth.-test. *per os* in 2 cases (In the remaining cases of aeth.-test *per os* the term of delivery had been postponed!) Testosterone disturbed pregnancy in all cases.

b. *Influence on the preputial glands in the rat.* VAN DER WOERD (13) reported that oestrone as well as testosterone make the preputial gland grow in male and female rats all alike; with progesterone this occurs to a much lesser degree. In our experiments on male and female rats (during 3, 8 or 20 days) these glands have been weighed almost regularly. Without exception we found a slight increase in weight after aeth.-test.

c. *Influence on the pituitary changes after castration.* Testosterone and oestrone are capable of preventing the appearance of "castration cells" in the hypophysis, not progesterone (SCHOELLER, DOHRN and HOHLWEG (14)). The female pituitary is more sensible than the male one is. In experiments, in which 4—5 weeks old, castrated rats had been treated with testosterone, progesterone, aeth.-test. subcut. or aeth.-test. *per os*, the hypophysis was controlled at autopsy. In the following table the presence of castration cells is marked with +, absence with —, in case of only slight development ±. (Table V).

TABLE V.

Daily dosage	Castr. cells in ♂ rats	Castr. cells in ♀ rats
200 γ aeth.-test. subc.	±, +, ±	±, +, ±
400 γ aeth.-test. <i>per os</i>	±, +, +	—, —, ±
200 γ testosterone	—, —, —	—, —, —
200 γ progesterone	+ , +, +	+ , +, +
control	+ , +, +	+ , +, +

In the female (more sensitive!) rats aeth.-test. *per os* prevented the appearance of castration cells. Our material does not allow an explanation of the failure of "aeth.-test. subcut.". In our pregnant rats, however,

castrated on the 5th day 5 mgm aeth.-test. subcut. and 10 mgm aeth.-test. per os, both daily given, did *not* fail to suppress the development of castration cells!

d. Inhibition of lactation in mice. Oestrone and testosterone are capable of inhibiting lactation (DE JONGH c.s. (15), ROBSON (16)). We took the body weight of the young as an index, but could not show that way any inhibition with 400 γ aeth.-test. subcut., 800 γ aeth.-test. per os or 400 γ progesterone subcut., daily given from the 1st until and inclusive the 21st day after parturition. With testosterone, conversely, we could induce a demonstrable inhibition (400 γ daily).

Discussion.

In our previous communication a series of experiments were described, with which a number of progesterone-like properties of aethinyl-testosterone were clearly shown, in good agreement with earlier publications on the subject. The present paper deals with a number of different properties of aeth.-test., characterized by us as "oestrone-like" and "testosterone-like", thus treading in the footsteps of EMMENS and PARKES.

The testosterone-like properties, in view of the structural formula of aeth.-test., need not raise our astonishment; the oestrone-like activity, however, was more or less startling news. The spreading of both effects over the various effector organs is irregular, as results from the communicated data. Thus it cannot be said in anticipation of the relative experiment, where and to which degree the oestrone-like resp. testosterone-like powers will be expressed. Neither it will be possible to draw from experiments with animals of one species conclusions for the other and in how far man is susceptible for these influences remains questionable.

In clinical literature, though scarce untofar, no facts are communicated, from which it could be deducted, that the aforementioned non-progesterone-like effects of aeth.-test. also are important for man and eventually might contain an argument against the application of aeth.-test. instead of progesterone in medical practice.

We are aware, that with the progress of clinical experience this state of affairs may change. In every case, however, the combined occurrence of three types of activity in one single sterole derivative seems us to be of sufficient scientific interest, as to justify the publication of the results of our experiments.

Summary.

Besides progesterone-like activity aethinyl-testosterone has some other properties.

A. Oestrone-like effects.

1. Quantities of aeth.-test., inadequate to inhibit oestrus, advance and corroborate the oestrone-oestrus in spayed mice.

2. It is sometimes possible to bring about oestrus in spayed mice with the aid of aeth.-test.; in those cases cornification of the vaginal wall can be shown histologically; because of the progesterone-like activity of aeth.-test., however, this effect is soon overshadowed by mucification. In, wether or not pregnant, spayed rats too, aeth.-test. produces oestrus.

3. Aeth.-test. causes vaginal opening in the immature rat, together with oestrus. This effect may be partially "testosterone-like".

4. In the uterus of immature rats, aeth.-test. brings about alterations, similar to those, induced with oestrone + progesterone in certain combinations.

Aeth.-test. promotes the growth of the immature rabbit uterus (with traces of pregravid changes!) and sensibilizes it to subsequently given progesterone.

B. Testosterone-like effects.

1. Aeth.-test. causes growth of the sex organs (seminal vesicles, coagulation gland, prostata, penis) in the castrated, whether or not hypophysectomized, immature rat, qualitatively in the same sense as testosterone does.

2. The relation progesterone : aeth.-test. subcut. : aeth.-test. orally = 1 : 4 : 8—10, as found in the CLAUBERG test for the rabbit does not hold for the testosterone-like effects in the rat. This effect is after oral administration relatively much less pronounced. The testosterone-like activity of aeth.-test. does not rest upon its progesterone-like properties, but is wholly independant.

3. In the immature rat aeth.-test. causes growth of the clitoris, exceeding that, following the administration of the same quantity of testosterone.

4. Aeth.-test. inhibits paradoxical effects of oestrone in the male castrated mouse, that are electively sensitive to testosterone.

The inhibition of the oestrone-oestrus in mice may also be due to testosterone-like activity of aeth.-test.

C. Oestrone- or testosterone-like effects.

1. Aeth.-test. disturbs the intact pregnancy in the rat.
2. Aeth.-test. causes growth of the preputial glands in male and female rats.
3. Aeth.-test. prevents the development of "castration cells" in the pituitary of the spayed rat.
4. 400 γ aeth.-test. daily subcutaneously or 800 γ aeth.-test. daily orally does not inhibit lactation in nursing mice.

REFERENCES.

1. STOLTE, Proc. Ned. Akademie v. Wetensch., Amsterdam, **43**, 1242 (1940).
2. MC KEOWN and ZUCKERMAN, Proc. Royal Soc. B, **127**, 362 (1938).
3. EMMENS and PARKES, J. of Endocrin., **1**, 332 (1939).
4. GREENE, BURRILL and IVY, Endocrinology, **24**, 351 (1939).
5. FREUD and LAQUEUR, Acta brevia neerl., **4**, 100 (1934).

6. DE JONGH, QUERIDO and STOLTE, Archiv. intern. Pharmacod., **62**, 390 (1939).
7. VAN DER WOERD, Acta brevia neerl., **7**, 31 (1937).
8. DE FREMERY, KOBER and TAUSK, Acta brevia neerl., **4**, 119 (1934).
9. ROBSON, J. Physiol., **92**, 371 (1938).
10. SINDRAM, VAN DER WOERD and DE JONGH, Acta neerl. morphol., **2**, 236 (1939).
11. HAIN, Quart J. exp. Physiol., **26**, 29, 293 (1937).
12. GREENE, BURRILL and IVY, Proc. Soc. exp. Biol. a. Med., **38**, 1 (1938).
13. VAN DER WOERD, Acta brevia neerl., **8**, 110 (1938).
14. SCHOELLER, DOHRN and HOHLWEG, Klin. Woch., **15**, 1907 (1937).
15. DE JONGH, Acta brevia neerl., **3**, 88 (1933).
16. ROBSON, Proc. Soc. exp. Biol. a. Med., **36**, 153 (1937).

ERRATA

in: "Report on Fervorization of Plant Nutrient-Substrata" by A. RADER-MACHER and Z. KLAS (see the Proceedings N^o. 8 of this year, page 1050—1060).

p. 1050, 13th line from top: "V. Vouk's (1)", read: "V. VOUK's 2)".

p. 1050, at the foot of the page, add the following note: "(2) VOUK, Kohle und Pflanzenwachstum, Denkschr. Akad. Wiss. Wien, 1931".

p. 1057, in Table VII after *Solanum lycopersicum*: "(30. IV.—28. VI. 1939)", read: "(30. IV.—28. VII. 1939)".

p. 1057, in Table VII after *Tagetes erecta*: "(25. VIII.—6. IX. 1939)", read: "(25. VIII.—6. XI. 1939)".

p. 1057, 9th line from bottom: "(Figures on Plate II)", read: "(Figures on Plate III)".

p. 1058, in Table VIII after *Vicia Faba*: "(28. VI.—27. VI. 1939)", read: "(28. IV.—27. VII. 1939)".

p. 1059, in Table X "*Sinapis alba*", read: "*Sinapis alba* III".

p. 1060, 16th line from top: "BEWERLEY", read: "BEWLEY".

